

## Stand der Xenonlampentechnik in Deutschland

Von Wilfried Jaedicke, Berlin\*)

DK 621.327.52.032.12 : 546.295

### Aus der Geschichte der Gasentladungslampen

Die Tatsache, daß Gase durch elektrische Entladungen zur Lichterzeugung veranlaßt werden können, ist viel länger bekannt als die Tatsache, daß der elektrische Strom feste Körper durch Aufheizung zum Glühen und Leuchten bringt. Im Jahre 1802 wurde, soweit bekannt ist [1], das erste Mal von Davy in London darüber berichtet, daß Kohle im sauerstofffreien Raum durch Stromdurchgang zur Weißglut gebracht werden kann. Aber schon 1672 hatte *Otto von Guericke* über Glimmlichterscheinungen beim Reiben einer rotierenden Schwefelkugel mit der Hand berichtet [1]. 70 Jahre später stellte *Winkler* in Leipzig buchstabenförmig gebogene Glas-Leuchtröhren her, die evakuiert oder mit etwas Quecksilber gefüllt waren. 1856 wurde von *Way* in England eine Quecksilber-Bogenlampe gebaut, bei der ein Bogen zwischen Quecksilbertropfen in einem Gemisch von Quecksilberdampf und Luft gezogen wurde. Weitere 80 Jahre vergingen, bis dann nach verschiedenen Zwischenstufen (*Aron*, *Cooper Hewitt*) in den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts die ersten serienmäßig gebauten Quecksilberdampflampen in größerem Umfang in Gebrauch kamen.

Die Entwicklung der Xenonlampen umfaßt einen viel kürzeren Zeitraum. Die ersten Veröffentlichungen über Edelgaslampen von *P. Schulz* stammen aus den Jahren 1944 und 1947 [2, 3]. Weitere entscheidende Entwicklungsarbeiten stammen von *K. Larché* [4 bis 7] und bereits 1954, also 10 Jahre nach der ersten Veröffentlichung einschlägiger Arbeiten, wurde von *H. Tümmel* und *H. Ulfers* der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft die erste Kinomaschine mit einer Xenon-Quarzbogenlampe als Lichtquelle vorgestellt [8, 9]. Als besondere Vorzüge wurden dabei die praktisch tageslichtgleiche Lichtfarbe, das ruhige, wartungsfreie Brennen des Bogens und die Vermeidung der Lampenhausverschmutzung durch Asche, Kupfer- und Kohlespritzer hervorgehoben.

Im Laufe der Zeit sind weitere Arten von Xenonlampen entwickelt worden, Verbesserungen wurden vorgenommen und der Leistungsbereich innerhalb der einzelnen Arten wurde erweitert.

### Kurzbogen-Xenonlampen

Die kleinste Xenonlampe, der Typ XBO 150 W für die Beleuchtung einzelner Arbeitsplätze, ist seit Jahren unverändert geblieben. Die Lampe hat ihren festen Platz dort gefunden, wo es auf exakte Farbvergleiche zu jeder beliebigen Zeit und unter stets gleichen Bedingungen ankommt, also in der Textilindustrie, im Druckereigewerbe, bei der Papier-, Farben- und Lackherstellung [10 bis 13].

Die Lampe kann wahlweise mit Wechselstrom oder Gleichstrom betrieben werden, wobei der Gleichstrombetrieb ein flackerfreies Licht und eine längere Lebensdauer der Lampe bietet. Umfangreiche Untersuchungen des Fachnormenausschusses Farbe sind nahezu abgeschlossen, diese

Lampe zur Normlichtquelle für künstliches Tageslicht bei Farbprüfungen zu erheben. Auch in der Commission Internationale d'Eclairage sind Vorarbeiten im Gange, die Xenon-Kurzbogenlampen als gleichwertige Lichtquelle neben die Normlichtart C zu setzen [14, 15].

Die größeren Typen der Xenon-Kurzbogenlampen für die Verwendung in optischen und Projektionsgeräten sind allein für Gleichstrombetrieb gebaut, da nur damit ein völlig ruhiger Stand des Bogens gewährleistet ist. Die Lebensdauer der Gleichstromlampen ist außerdem größer als die der Wechselstromlampen. Bei den bekannten Typen dieser Reihe für 500 W, 1000 W und 2000 W wurden vor einiger Zeit die Nennbetriebswerte neu festgelegt, um die Belange des am stärksten beteiligten Anwendungsgebietes, der Kinoprojektion [16 bis 18] besonders zu berücksichtigen. Die Werte wurden so bestimmt, daß der natürliche Lichtabfall während der Nennlebensdauer durch Erhöhen des

Tafel 1. Xenon-Kurzbogenlampen.

Typenbezeichnung	XBO 450 W	XBO 900 W	XBO 1600 W	XBO 2500 W
Nennwert A	23	42	63	82
Lampenstrom A	28	50	75	95
Nennwert W	450	900	1600	2500
Lampenleistung W	660	1300	2300	3300
Nennwert lm	11500	30500	56000	≈100000
Anfangslichtstrom lm	16000	40000	75000	—
Nennwert cd/cm <sup>2</sup>	25000	38000	43000	≈45000
mittlere Leuchtdichte cd/cm <sup>2</sup>	35000	49000	57000	—
Bogenlänge mm	2,4	3,4	4,2	6,2

\*) einschließlich Spannungsanstieg am Ende der Lebensdauer

Lampenstromes praktisch voll ausgeglichen werden kann (Tafel 1).

Die genannte Typenreihe konnte vor kurzer Zeit durch eine 2500-W-Lampe erweitert werden (Bild 1). Diese

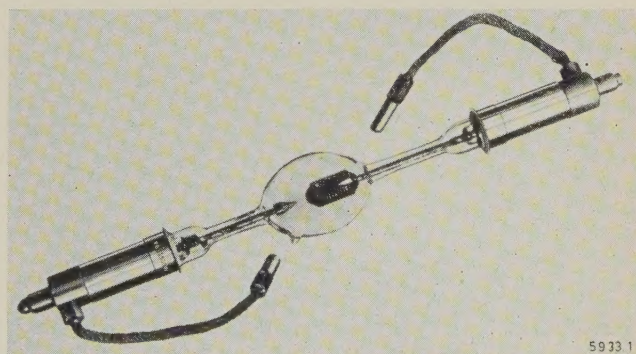


Bild 1. Xenon-Kurzbogenleuchte XBO 2500 W.

\*) Dipl.-Ing. W. Jaedicke ist Mitarbeiter der Osram GmbH, Berlin.



Lampe weist gegenüber den kleineren Typen dieser Reihe gewisse Neuerungen auf. So fanden die Ergebnisse theoretischer und experimenteller Untersuchungen über Temperaturverteilung und Kristallstruktur in neuen Elektrodenformen ihren Niederschlag. Weiter wurde der Einfluß eines quer zur Achse des Lichtbogens gerichteten Magnetfeldes untersucht. Da bei der 2500-W-Lampe schon sehr geringe Feldstärken auf die Dauer eine nicht mehr reversible Auslenkung des Bogens hervorgerufen, wurden Sockel mit fest angebrachten Kabeln vorgesehen und die Kabel um 180° versetzt angeordnet, so daß sich bei korrekter Kabelführung die Magnetfelder der Zuleitungen am Ort des Bogens aufheben. Die Kabelsockel haben zugleich den Vorteil, daß Übergangswiderstände, die nach längerer Betriebszeit an der Anschlußstelle entstehen und bei Stromstärken bis 95 A schon nennenswerte Verlustleistungen erzeugen können, nicht zu einer Erwärmung des Sockels und der temperaturempfindlichen Einschmelzung führen. Auf diese Weise ist ein Betrieb der Lampen ohne Gebläsekühlung möglich.

Die Xenonlampen haben in den letzten Jahren zahlreiche Anwendungen gefunden. Allein in Westdeutschland und Westberlin sind über 1000 Kinotheater von Kohlebogenlampen auf Xenonlampen umgestellt worden. Verschiedentlich wird auch schon von der durch die Xenonlampen gegebenen Möglichkeit, das Kinoprogramm bis auf das Filmeinlegen und -umspulen voll automatisch ablaufen zu lassen [19], Gebrauch gemacht. Ferner brennen Xenon-Kurzbogenlampen in Scheinwerfern und Bühnenbildprojektoren [20 bis 22] nahezu aller größeren neugebauten oder neu eingerichteten Theater. Sie brennen in den Leuchtfeuern der Fernsehürme Stuttgart und Dortmund [24 bis 26] und in dem Fernseh-Großprojektor (Eidophor-Projektor nach Gretenner [11]). Selbst in der medizinischen Operationstechnik werden Xenon-Kurzbogenlampen verwendet. Der von Meyer-Schwickerath für Augenoperationen entwickelte und ursprünglich mit Kohlebogenlampen betriebene Lichtkoagulator [29] wurde von Littmann [30] für Betrieb mit XBO 1600 W neu entwickelt, wodurch eine bedeutende Erleichterung und Verbesserung der Operationstechnik erzielt wurde. Mit dem Lichtkoagulator kann das Fortschreiten von Netzhautrissen und Netzhautablösung eingedämmt oder verhindert werden.

In der Kinoprojektion tritt immer wieder der Wunsch auf, beim Fortschalten des Films nicht einen kontinuierlichen Lichtstrom durch eine Blende zu unterbrechen, sondern die Lichtquelle selbst impulsmäßig zu betreiben. Das von der Lichtquelle erzeugte Licht würde dadurch besser ausgenutzt und die Konstruktion der Kinomaschinen durch Fortfall der Umlaufblende vereinfacht werden. Außerdem könnte ohne zusätzlichen Lichtverlust zu einer Frequenz von 72 Blitzen in der Sekunde (jetzt 48 Blitze/s) übergegangen werden, was eine höhere Bildwandhelligkeit bei gleicher Flimmerfreiheit zulassen würde. Auch mit Xenonlampen wurden solche Untersuchungen begonnen [31 bis 33].

Es zeigte sich aber, daß wirtschaftliche Vorteile durch den Impulsbetrieb kaum zu erwarten sind. Zunächst ist die Verlustleistung eines Impulsgenerators nennenswert höher als die eines einfachen Gleichrichters. Ein Teil der Leistungersparnis durch bessere Ausnutzung des Lichtes wird hier also bereits wieder geopfert. Hinzu kommt, daß die Lebensdauer von Kurzbogenlampen bei Impulsbetrieb beträchtlich kürzer als bei Gleichstrombetrieb ist. Bei einer der Kinoprojektion angepaßten Impuls-Betriebsweise beträgt sie günstigstenfalls  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{3}$  der bei Gleichstrombetrieb erreichbaren Lebensdauer. Da der Lampenanteil an den Betriebskosten größer als der Stromanteil ist, geht die kurze Lebensdauer stark in die Kostenrechnung ein.

Der Impulsbetrieb von Xenonlampen kann dann interessant werden, wenn Lichtströme gefordert werden, die bei Gleichstrombetrieb nicht mehr erreicht werden können, da der Größe und Leistung der Lampen technologische Gren-

zen gesetzt sind. In diesem Falle kann der höhere Nutzlichtstrom bei gleicher mittlerer Lampenleistung so bedeutsam sein, daß die kürzere Lebensdauer in Kauf genommen wird.

### Wassergekühlte Xenonlampen

Wassergekühlte Lampen (Tafel 2) bieten den Vorteil hoher Lichtausbeute und hohen Lichtstromes bei kleinen Abmessungen. Sie geben als Wärme nur die in der Xenonstrahlung enthaltene kurzwellige Infrarotstrahlung ab. Die bei luftgeköhlten Lampen vom Quarzgefäß abgestrahlte langwellige Infrarotstrahlung wird durch die Wasserkühlung unterdrückt und auch die sonst durch Konvektion und Leitung an die Umgebung abgegebene Wärme wird durch das Kühlwasser abgeführt.

Tafel 2. Xenon-Hochdrucklampen mit Wasserkühlung.

Typenbezeichnung	XBF 6000 W/1	XBF 6000 W/2	XBF 2500 W	XBF 1000 W/1	XBF 1000 W/2
Stromart	Wechselstrom	Gleichstrom	Wechselstrom	Wechselstrom	Gleichstrom
Betriebsstrom A	45	37	23	11,6	11,2
Lichtstrom lm	215 000	205 000	78 000	26 000	23 500
Bogenlänge mm	110	110	75	50	50
Leuchtdichte cd/cm <sup>2</sup>	3000	3000	3300	2300	2300

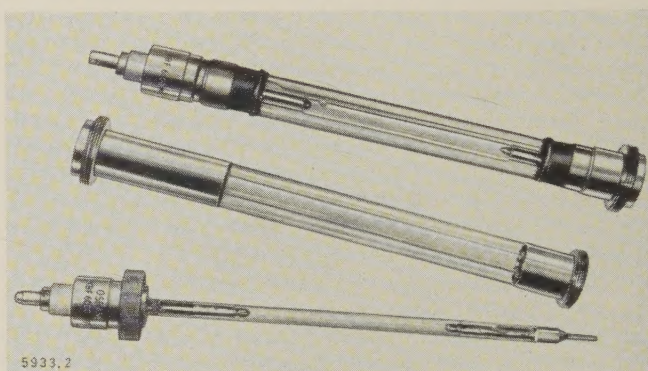


Bild 2. Wassergekühlte Xenonlampen; unten ist die neue Ausführung (Lampe und Kühlgefäß getrennt) dargestellt.

Wassergekühlte Xenonlampen werden zur Zeit mit einer Leistung von 6 kW in einer Wechselstrom- und einer Gleichstromausführung serienmäßig hergestellt. Bei der bisherigen Ausführung dieser Lampen war der Brenner mit dem Kühlgefäß fest verbunden, so daß zum Auswechseln des Brenners, der allein altert und von Zeit zu Zeit erneuert werden muß, die vollständige Lampe an den Lampenhersteller eingeschickt werden mußte. Dieses etwas umständliche Verfahren ist durch eine Neukonstruktion überflüssig geworden (Bild 2). Die eigentliche Lampe (Brenner mit Anschlußstück) ist mit einer Schraubverbindung vom Kühlgefäß zu trennen, so daß die Lampe vom Benutzer selbst ausgewechselt werden kann. Das hat darüber hinaus den Vorteil, daß an Orten, wo sich durch Unreinheit des Kühlwassers schwer löslliche Niederschläge auf dem Brenner bilden, die mit der normalen Salzsäurespülung kaum zu entfernen waren, der Brenner mit einem Lappen gereinigt werden kann.

Für die neue Ausführung wurde ein aufsteckbarer Aluminium-Reflektor konstruiert, der preiswerter und haltbarer ist als die bisherige Verspiegelung des Kühlgefäßes. Darüber hinaus ergibt dieser parabolisch geformte Reflektor eine bessere Bündelung des Lichtes und damit eine höhere Lichtstärke in der Nutzrichtung als der auf das Kühlgefäß aufgetragene Spiegel. Die elektrischen und lichttechnischen Werte dieser Lampe sind durch die Neukonstruktion nicht verändert worden.



Verbreitete Anwendung haben die XBF-Lampen in der graphischen Industrie gefunden (Repetier-Kopiermaschinen, Kopieren von Tiefdruckvorlagen, Beleuchtung von Repro-Vorlagen, Bild 5). Wegen ihrer bezogen auf die Leistung kleinen Abmessungen und geringen Wärmeabgabe sind sie auch für Lichtechtheitsprüfungen [34], künstliche Alterung sowie biologische Untersuchungen geeignet. Für besondere Aufgaben stehen UV-durchlässige Kühlgefäße zur Verfügung, so daß auch die verhältnismäßig starke UV-Strahlung des Xenon-Lichtbogens ausgenutzt werden kann.

In vielen Anwendungsfällen würden kleinere Lampen genügen, so bei Reproduktions-Aufnahmen, bei denen, wegen der notwendigen Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung, mehrere Lampen verwendet werden müssen. Für diese Anwendungsgebiete werden in Kürze kleinere Lampen mit Leistungsaufnahmen von 2500 W und 1000 W zur Verfügung stehen (Bild 3). Diese Lampen sind ebenso wie die neue Ausführung der 6-kW-Lampe mit einem getrennten Kühlgefäß ausgerüstet.

Xenon-Langbogenlampen hoher Leistung

Über Xenon-Langbogenlampen ohne besondere Kühlung wurde vor etwa 3 Jahren von Lompe erstmalig berichtet [35, 36]. Schirmer wies theoretisch nach [37], daß sich auch bei Betriebsdrücken um und unter 1 at bei Wahl geeigneter Lampenabmessungen und Stromstärken eine Hochdruckentladung und eine befriedigende Lichtausbeute einstellen. (Für die Hochdruckentladung ist kennzeichnend, daß die

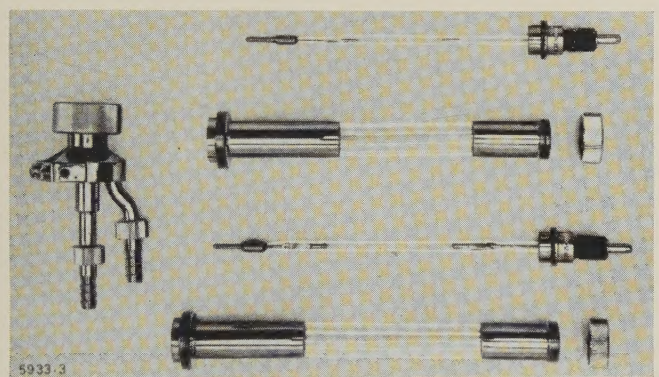


Bild 3. Wassergekühlte Xenonlampen XBF 2500 W und XBF 1000 W.

Plasmatemperatur nur wenig niedriger als die Elektronen-temperatur ist.) Zusatzbedingung bei diesen Untersuchungen war, daß die Oberflächenbelastung des Quarzrohres so gering bleibt, daß die Wärme durch Strahlung und natürliche Konvektion ausreichend abgeführt wird, so daß eine Gebläse- oder Wasserkühlung nicht erforderlich ist. Die Berechnungen wurden durch Grabner experimentell bestätigt, der die ersten Lampen dieser Art baute. Zu den größten Lampen dieses Typs gehören eine 65-kW-Lampe, die an einem 27 m hohen Mast vor dem Bahnhof Zoologischer Garten in Berlin brennt, und eine 75-kW-Lampe an einem 30 m hohen Mast vor dem Bahnhof Termini in Rom. Derartige Lampen bleiben vorläufig einzelnen, besonders repräsentativen Beleuchtungsanlagen vorbehalten, dagegen

Tafel 3. Xenon-Hochdrucklampen XQO.

Typenbezeichnung		XQO 6 kW	XQO 10 kW	XQO 20 kW
Versorgungsspannung	V	220	220	380
Betriebsstromstärke	A	45	75	75
Brennspannung	V	135	140	270
Lichtstrom	lm	140 000	220 000	550 000
Leuchtdichte	cd/cm²	140	140	150
Bogenlänge	mm	600	750	1500

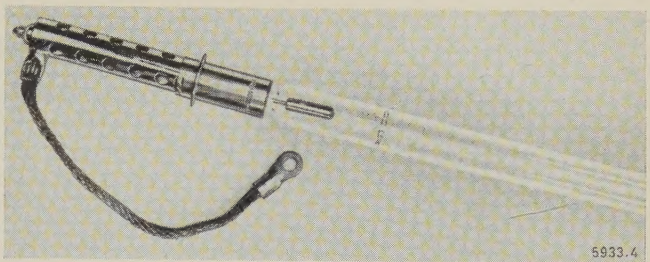


Bild 4. Gesockelte Xenon-Langbogenlampe XQO 6000 W.

haben die kleineren Typen für 6 kW, 10 kW und 20 kW so reges Interesse gefunden, daß die serienmäßige Fertigung vorbereitet wird (Tafel 3). Auch wurden inzwischen besondere Leuchten für diese Lampen geschaffen, die listenmäßig zur Verfügung stehen.

Bei den ersten im Laboratorium hergestellten Lampen dieses Typs wurde das Anschlußkabel mit Hilfe einer Muffe an einen aus der Einschmelzung herausragenden Stift angeschlossen. Ein solcher Anschluß ist für die Praxis, z. B. das Einsetzen und Anschließen der Lampe auf einem hohen Mast unzweckmäßig. Die serienmäßig gefertigten Lampen erhalten deshalb einen Hülsensockel, an dem ein Kabel für den elektrischen Anschluß befestigt ist (Bild 4). Der Kabelsockel wurde gewählt, um die temperaturempfindliche Einschmelzung dieser Lampen vor einer zusätzlichen Erwärmung durch Stromübergangswiderstände zu schützen.

Die erste Anlage mit diesen Lampen, die Großleuchte auf dem Sonnenplatz in München [38], in der drei Lampen XQO 20 000 W brennen, hat sich inzwischen bewährt. Die bei Inbetriebnahme eingesetzten Lampen wurden nach rund 5000 Brennstunden ausgewechselt. Die Lampen zeigten nach dieser Brenndauer einen Lichtabfall von nur 20 %. Zur Bundesgartenschau wurde in Stuttgart vor dem Hauptbahnhof eine Anlage mit 6 Lampen XQO 10 000 W auf 3 Masten in Betrieb genommen. Auf dem Flugplatz Zürich-Kloten wird zur Zeit eine Anlage mit Lampen XQO 20 000 W zum Beleuchten des Vorfeldes und der Flugsteige errichtet.

Zusammenfassung

Die Entwicklung der Xenonlampen von den ersten Untersuchungen bis zur Anwendung eines praxisreifen Lampentyps hat nur etwa 10 Jahre gedauert. Abgesehen

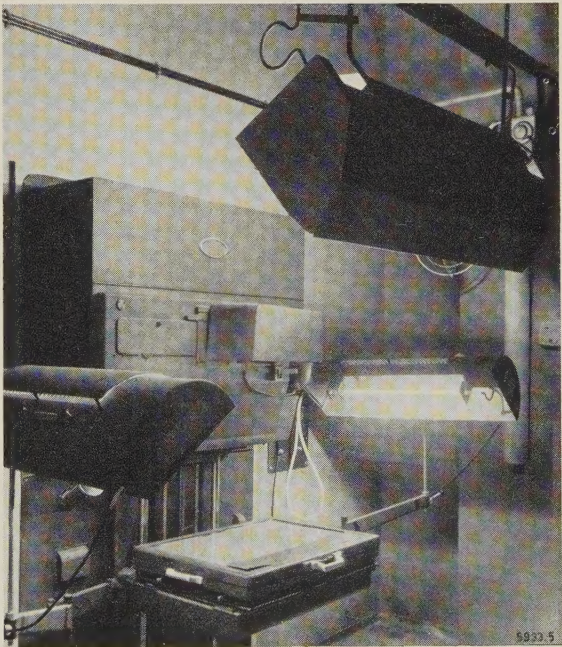


Bild 5. Beleuchtung von Repro-Vorlagen mit 2 Lampen XQO 6000 W (alte Ausführung) oder 1 Lampe XQO 10 000 W.



von Blitzröhren („Elektronenblitzen“) und einem Lampen-  
typ für Spektraluntersuchungen gibt es drei Gruppen von  
Xenonlampen: Kurzbogenlampen mit kleinen Bogenabmes-  
sungen und sehr hoher Leuchtdichte (Leistung 150 W bis  
1600 W, neuerdings auch 2500 W), Langbogenlampen mit  
Wasserkühlung für 6 kW, neuerdings auch 1 kW und 2,5 kW  
und Langbogenlampen ohne besondere Kühlung für Lei-  
stungsaufnahmen von 6 kW bis 20 kW. Die letzten Fort-  
schritte auf dem Gebiet dieser Entladungslampen sowie  
zahlreiche Anwendungsgebiete werden dargestellt.

### Schrifttum

- [1] Gurski, W.: Zur Vor- und Frühgeschichte der Gasentladungslampen. Lichttechn. Bd. 12 (1960) S. 663–668.
- [2] Schulz, P.: Edelgasbögen. Reichsber. Phys. Bd. 1 (1944) S. 147.
- [3] Schulz, P.: Elektrische Entladungen in Edelgasen bei hohen Drücken. Ann. Phys. 6. Folge Bd. 1 (1947) S. 95–118.
- [4] Larché, K.: Die Bedeutung des kathodischen Gasstrahles und der kathodischen Plasmakugel für die Bogenform der Edelgas-Hochdruck-entladung. Verh. dtsh. phys. Ges. Bd. 6 (1950) S. 76.
- [5] Larché, K.: Die Bogenform der Edelgas-Hochdruckentladung. Z. Phys. Bd. 132 (1952) S. 544–552.
- [6] Larché, K.: Die Strahlung des Xenon-Hochdruckbogens hoher Lei-  
stungsaufnahme. I. Experimentelle Ergebnisse für die Lichtstrahlung. Z. Phys. Bd. 136 (1953) S. 74–86.
- [7] Larché, K.: Möglichkeiten und Grenzen der Lichterzeugung durch  
Xenon-Hochdrucklampen. ETZ-A Bd. 74 (1953) S. 346–349.
- [8] Tümmel, H.: Projektionslichtquelle mit Xenonlampe. Filmtechnikum  
Bd. 5 (1954) S. 191–193.
- [9] Ullrich, H.: Ikosol II Xe. Zeiss Ikon Bild u. Ton (Juli 1954) H. 36,  
S. 3–8.
- [10] Lauterbach, H.: Die OSRAM-Xenon-Hochdrucklampe beim Aus-  
mischen und Nachlöten in der Farben- und Lackfabrik. Farbe Bd. 2  
(1953) S. 33–38.
- [11] Roth, L.: Ein neues Farbprüfgerät. Siemens-Z. Bd. 28 (1954) S. 321–324.
- [12] Smiatek, G.: Künstliches Tageslicht zur Farbabmusterung in Wirk-  
und Strickwarenbetrieben. Wirkerei- u. Strickerei-Techn. (1955) H. 2.
- [13] Smiatek, G.: Licht- und Körperfarben als wesentliche Faktoren in der  
modernen Beleuchtungstechnik. Elektro-Techn. Bd. 39 (1957) S. 75  
bis 78.
- [14] Frühling, H.-G., Münch, W., u. Richter, M.: Die Eignung der Xenon-  
lampe als Standard-Lichtquelle für Strahlungs- und Farbmessung. Preprint zur 13. Tagung der Com. Internat. d'Eclairage, Zürich  
1955.
- [15] Frühling, H.-G., Münch, W., u. Richter, H.: Farbe Bd. 5 (1956) S. 41  
bis 48.
- [16] Ullrich, H.: Xenon-Hochdrucklampen und ihre Anwendung, insbe-  
sondere für die Kinoprojektion. Mod. Fototechn. u. Meßoptik (jetzt:  
Monatliche Fototechnische Mitteilungen) (1956) S. 246–251.
- [17] Ullrich, H.: Leistungssteigerungen der Xenonlampe. Kino-Techn.  
Bd. 12 (1958) S. 15–18.
- [18] Häußler, G.: Der Stand der Wiedergabetechnik im Filmtheater. Kino-  
Techn. Bd. 11 (1957) S. 208–211.
- [19] Tümmel, H.: Grundsätzliches zur Automation der Filmvorführung. Kino-Techn. Bd. 13 (1959) S. 120–122.
- [20] Unruh, W.: Bühnenbeleuchtung mit Xenonlampen. Bühnentechn.  
Rdsch. Bd. 42 (1952) H. 5, S. 5–6.
- [21] Müller, I.: Wolfgang Wagners „Holländer“-Inszenierung. Bühnen-  
techn. Rdsch. Bd. 45 (1955) H. 5, S. 6–10.
- [22] Buchenberger, F.: Ein neuer Fortschritt in der Bühnenbeleuchtung. Lichttechn. Bd. 7 (1955) S. 271–272.
- [23] Klauß, E.: Gluck's „Orpheus und Euridice“. Bühnentechn. Rdsch.  
Bd. 46 (1956) H. 3, S. 23.
- [24] Schreier, H.: Hindernis- und Gefahrenbefeuerung des Fernsehturns  
Stuttgart. Lichttechn. Bd. 8 (1956) S. 477–479.
- [25] Schreier, H., u. Lehmann, R.: Flugwarnbefeuerung des Fernsehturns  
Stuttgart. Siemens-Z. Bd. 31 (1957) S. 355–362.
- [26] Drehfeuer über Dortmund. Siemens-Elektrodienst Bd. 1 (1959) H. 7.
- [27] Gretenner, E.: Physik und Technik des neuen Eidophor-Projektors. Kino-Techn. Bd. 12 (1958) S. 119–124.
- [28] Jensen, H.: Der Eidophor-Fernsehprojektor. Kino-Techn. Bd. 14 (1960)  
S. 253–258.
- [29] Meyer-Schwickerath, G.: Lichtkoagulation, eine Methode zur Behand-  
lung der Netzhautablösung. Albrecht v. Graefes Arch. f. Ophthal-  
mologie Bd. 156 (1954) S. 2–23.
- [30] Littmann, H.: Der Zeiss Licht-Koagulator nach Meyer-Schwickerath  
mit Xenon-Hochdrucklampe. Bericht über die 61. Zusammenkunft der  
dtsh. Ophthalmologischen Ges., I. F. Bergmann, München.
- [31] Grabner, H., u. Reger, M.: Physik und Technik der Blitzröhren unter  
besonderer Berücksichtigung der Anwendung in der Kinematograph-  
ie. Techn.-wiss. Abh. OSRAM-Ges. Bd. 7 (1958) S. 52–67.
- [32] Grabner, H.: Zur Frage des Pulsbetriebes von Xenonlampen für die  
Kinoprojektion. Kino-Techn. Bd. 14 (1960) S. 221–223.
- [33] Jensen, H.: Impulsbetrieb bei Lampen für Kinoprojektion. ETZ-B  
Bd. 12 (1960) S. 49–53.
- [34] Ilzhöfer, H.: Eine wassergekühlte Xenonlampe für Lichttheaters-  
prüfungen. Lichttechn. Bd. 8 (1956) S. 529–533.
- [35] Lompe, A.: Ein neuer Typ von Xenonlampen. Lichttechn. Bd. 10  
(1958) S. 108–109.
- [36] Lompe, A.: Neuartige Xenonlampen hoher Leistung. Elektrizitäts-  
Verwert. Bd. 33 (1958) S. 283–286.
- [37] Schlömer, H.: Über wandstabilisierte Xenon-Hochdruck-Langbogen-  
entladungen niedrigen Druckes und geringer thermischer Wand-  
belastung. Z. Phys. Bd. 156 (1959) S. 55–65.
- [38] Schmidt, W., u. Lehmann, R.: Großflächenleuchte mit Xenon-Hoch-  
leistungslampen. Lichttechn. Bd. 10 (1958) S. 459–461.

## Optoelektronik

DK 621.38

Der Begriff „Optoelektronik“ kennzeichnet ein in jün-  
ger Zeit entstehendes Grenzgebiet zwischen Optik und  
Elektronik, das sich mit der Verknüpfung von optischen  
und elektronischen Vorgängen befaßt. Danach wäre bereits  
die einfache Anwendung einer Photozelle Optoelektronik;  
gerechtfertigt ist diese Bezeichnung jedoch erst seit dem  
Vorhandensein optoelektronischer Bauelemente wie Photo-  
leiter und Elektrolumineszenzzellen. Die Kombination bei-  
der bildet die Grundlage der Optoelektronik in der heu-  
tigen Bedeutung dieses Namens.

Der Verfasser<sup>1)</sup> beschreibt einige Kombinationen dieser  
Bauelemente. Die Reihenschaltung ergibt einen Lichtverstär-  
ker. Läßt man die von der Lumineszenzzelle ausgesandte  
Strahlung wieder auf den Photoleiter fallen, so erhält man  
einen Lichtspeicher. Eine kurze Anregung des Photoleiters  
genügt, um die Lumineszenzzelle zu zünden, deren Strah-  
lung ihrerseits den Photoleiter in leitendem Zustand hält,  
bis durch Abschalten der Spannung die Zelle erlischt. Soll  
auch optisch gelöscht werden, so schaltet man der Zelle  
einen Photoleiter parallel, der diese kurzschließt, wenn er  
belichtet wird. Eine derartige Anordnung wird „Optron“  
genannt, sie findet als Speicherelement Verwendung. Vor-  
teilhaft sind geringes Volumen — rd. 1 mm<sup>3</sup> — und gerin-  
ger Leistungsbedarf — etwa 1 mW —, nachteilig die ver-  
hältnismäßig große Schaltzeit von etwa 10 µs. Aus Optrons  
lassen sich Kreise mit logischem Schaltvermögen aufbauen,

wie sie in Rechenmaschinen angewendet werden. In all den  
Fällen der Regelungs- und Steuerungstechnik, in denen die  
bisher noch recht langen Schaltzeiten nicht stören, können  
Optrons vorteilhaft verwendet werden, sofern sie erst ein-  
mal als industriell gefertigte Bauteile vorliegen.

Ein weiterer wichtiger Bereich der Optoelektronik ist  
die Verstärkung, Speicherung und Umwandlung von Bil-  
dern. Ausgehend vom Lichtverstärker erhält man bei flächi-  
ger Ausführung der Bauelemente einen Bildverstärker, durch  
optische Rückkopplung einen Bildspeicher. Da Photoleiter  
nicht nur auf sichtbare Strahlung, sondern auch auf Rönt-  
gen-, UV- und UR-Strahlungen ansprechen, ist der Speicher  
zugleich ein Bildwandler.

Diese Entwicklungen haben erst in letzter Zeit an Bedeu-  
tung gewinnen können, als die Fortschritte der Halbleiter-  
technik es ermöglichten, den Wirkungsgrad optoelektronischer  
Elemente genügend groß zu machen. Andererseits ist die  
hohe Verstärkerwirkung von entscheidender Bedeutung,  
die bei guten Photoleitern bis zu 10<sup>7</sup> betragen kann.

Die neuere Entwicklung sucht einmal durch Auffinden  
neuer Photoleiter die Nachteile der hohen Schaltzeiten zu  
beseitigen, zum anderen die physikalischen Grenzwerte in  
bezug auf Wellenlänge, Leistung, Empfindlichkeit und  
Ströme zu erweitern. Mit einer systematischen Übersicht  
über die sich aus dem allgemeinen Schema der optoelektronischen  
Anordnungen ergebenden Möglichkeiten für die Meßtechnik  
beschließt der Verfasser seinen Überblick über ein Gebiet,  
das laufend an Bedeutung gewinnen wird. Sp

<sup>1)</sup> Stöckmann, F.: Phys. Bl. Bd. 17 (1961) H. 1, S. 14–20.



# Glühlampen mit Jodzusatz

Von Werner Schilling, Heidenheim/Brenz\*)

DK 621.326.72.032.74 : 546.15

Der Gedanke, bei Glühlampen durch Halogenzusätze zum Füllgas Kolbenschwärzung zu vermeiden, ist nicht neu [1]. Der Verwirklichung stand entgegen, daß die chemisch hoch aktiven Halogene von den Nickel-Stromzuführungen gebunden wurden und für den Entschwärzungsprozeß ausfielen. Außerdem wurden Halogen-Wolfram-Verbindungen an den kälteren Stellen der Lampenkolben (100 bis 150 °C) niedergeschlagen. Erst als in den letzten zehn Jahren mit dem Infrarotstrahler in Quarz-Soffittenausführung die Technik entwickelt wurde, Wolframwendeln in Quarzrohrkolben einzubringen, waren die Voraussetzungen für die Verwirklichung des eingangs erwähnten Gedankens gegeben. Die ersten brauchbaren Lampen mit Jodzusatz ohne jegliche Kolbenschwärzung am Lebensdauerende wurden in den letzten Jahren von der General Electric [2] in den USA entwickelt.

## Der Jod-Kreisprozeß

Wolfram, das durch Verdampfung oder chemische Prozesse vom Leuchtkörper abgetragen wird, schlägt sich in der Glühlampe normalerweise auf den Halterungen, Stromzuführungen und dem Lampenkolben nieder. Wird zusätzlich Jod in die Lampe eingebracht<sup>1)</sup>, so tritt mit dem Wolfram folgende Reaktion ein:

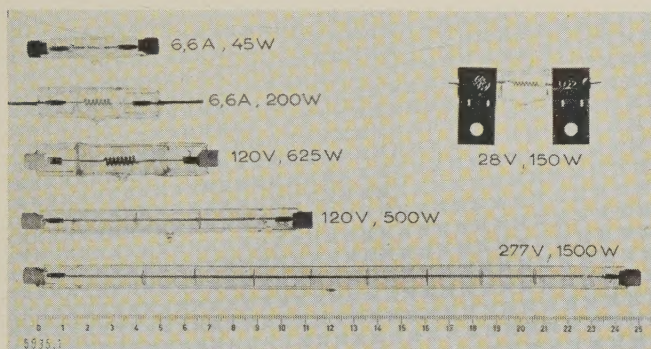
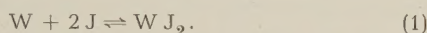


Bild 1. In den USA erhältliche Quarz-Jod-Lampen.

Bei Temperaturen unter 1400 °C, d. h. auf Kolben, Stromzuführungen und Leuchtkörperhalterungen, bildet sich das über 250 °C gasförmige Wolframjodid. Über 1400 °C, d. h. am Leuchtkörper und in der umgebenden Gasatmosphäre, zerfällt das Wolframjodid wieder in Wolfram und Jod. Wegen des stationären Temperaturgefälles zwischen Leuchtkörper und Kolben wird ein Kreisprozeß ermöglicht, bei welchem das vom Leuchtkörper abgetragene Wolfram durch die vorübergehende Bindung an Jod wieder in Leuchtkörpernähe zurücktransportiert wird. Dieser in Leuchtkörpernähe konzentrierte Wolframdampf kann sich nur auf Lampenteilen niederschlagen, die über 1400 °C aufweisen, d. h. auf Leuchtwendel und benachbarten Halterungen.

So wird durch den Jod-Kreisprozeß erreicht, daß sich Wolfram nicht mehr auf der Kolbenwand niederschlägt. Dadurch entfällt mit der Kolbenschwärzung auch der größte Teil des Lichtverlustes, den jodfreie Lampen aufweisen. Darüber hinaus wird der Lichtverlust weiter vermindert, weil der Leuchtdrahtabtrag durch zurücktransportiertes Wolfram herabgesetzt wird. Lampen mit Jodzusatz zeichnen sich daher durch bisher unerreichte Konstanz von Leistungsaufnahme und Lichtstrom während der Lebensdauer aus.

\*) Dr. phil. W. Schilling ist Leiter der Entwicklungsabteilung für Glühlampen und Metalle der Osram GmbH, München.

1) Jod wird bevorzugt, weil es als das am wenigsten aktive Halogen die geringsten technischen Komplikationen mit sich bringt.

## Derzeitiger technischer Stand

Die z. Z. auf dem USA-Markt erhältlichen Glühlampen mit Jodzusatz sind in Soffittenform mit Quarzröhren hergestellt. (Bild 1). Quarzkolben in dieser Form sind erforderlich, um zu gewährleisten, daß die Temperatur an keiner Stelle im Lampenkolben unter 250 °C sinkt. Das ist, wie oben erwähnt, nötig, um Wolframjodid gasförmig zu erhalten. Leuchtkörperhalterungen und Stromzuführungen im Lampeninnern sind aus Wolfram, um eine Jodbindung durch andere Stoffe auszuschalten. Die Stromzuführungen in den Quarzquetschungen bestehen aus Molybdän.

Die Leuchtkörper sind, wie üblich, einfach oder doppelt gewendelte Wolframdrähte. Als Füllgas wird Reinargon mit etwa 600 Torr Fülldruck bei 20 °C und einem Zusatz von rd. 1 µMol Jod verwendet. Größere Jodmengen führen zu nennenswertem Lichtverlust durch die Lichtabsorption des violetten Joddampfes.

Derzeit ist auf dem amerikanischen Markt eine Reihe von Quarz-Jod-Lampen erhältlich (Tafel 1):

Tafel 1. Amerikanische Quarz-Jod-Lampen.

Typ	Länge mm	Durch- messer mm	Lebens- dauer h	Anwendung
1500 W, 277 V	258	10	2000	Gebäude-Anstrahlung
625 W, 120 V	80	13	16	Photo-Kunstlicht
500 W, 120 V	118	10	2000	Gebäude-Anstrahlung
200 W, 6,6 A	53	13	1000	Flugplatz-Landebahn
150 W, 28 V	55	13	300	Flugzeug-Positionslicht
45 W, 6,6 A	50	8	1000	Flugplatz-Landebahn

Der wesentliche Vorteil, der durch die Unterdrückung der Kolbenschwärzung erreicht wird, ist die extreme Verkleinerung der äußeren Lampenabmessungen. Bild 2 zeigt einen Vergleich von 220 V, 500-W-Lampen in normalem Allgebrauchs- und Quarz-Jod-Aufbau. Das Innenvolumen der Quarz-Jod-Lampe beträgt nur noch rd. 1/2 % von dem der Allgebrauchslampe. Diese Verkleinerung wird allerdings mit hohem Lampenpreis erkauft. Eine Lampe von 500 W, 120 V kostet z. B. 15,25 \$. Weitere Nachteile sind die erhöhte Sockeltemperatur, die mit 200 bis 300 °C besondere Fassungen erfordert, sowie wesentlich höheren Kolbentemperaturen von 400 bis 800 °C, die unter Umständen zusätzlichen Schutz benötigen.

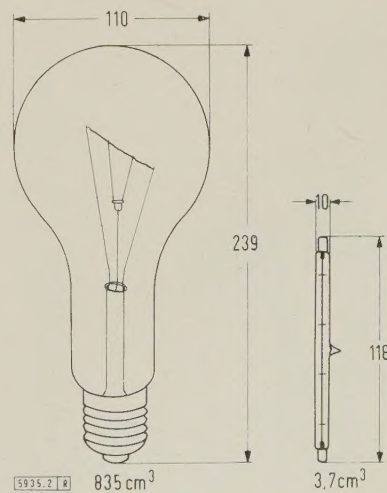


Bild 2. Abmessungen und Kolbeninhalt von 500-W-Lampen. Rechts: Quarz-Jod-Lampe.



### Lebensdauer und Lichtausbeute

Die Hoffnungen, die sich an die Wirksamkeit des Jod-Kreisprozesses knüpften, richteten sich nicht nur auf die Vermeidung der Kolbenschwärzung. Mit der Möglichkeit, einen erheblichen Teil des abgetragenen Wolframs wieder auf den Leuchtkörper niederzuschlagen, erhoffte man ähnliche Lichtausbeute-Verbesserungen zu erreichen, wie seit 1913 durch die Verwendung von Edelgasfüllungen. In beiden Fällen besteht der wesentliche Vorgang in einem Rücktransport von Wolframdampf auf den Leuchtkörper. Leider haben sich diese Hoffnungen nicht erfüllt.

Die folgenden Ausführungen sind ein Beitrag zum Nachweis, daß der Jod-Kreisprozeß keinen ins Gewicht fallenden Anteil an einer Verbesserung der Anfangs-Lichtausbeute hat. Für die über die gesamte Lebensdauer gemittelte Lichtausbeute dagegen, welche sich aus der Anfangslichtausbeute, dem Lichtverlust sowie der Änderung der elektrischen Leistungsaufnahme errechnen läßt, bringt der Jod-Kreisprozeß infolge des verminderten Lichtverlustes einen Gewinn von 5 bis 10 %.

Für Glühlampen eines vorgegebenen Typs kann bekanntlich die Lebensdauer von etwa 1 h bis über 1000 h durch entsprechende Einstellung der Leuchtkörpertemperatur verändert werden. Das gilt, genommen, nur für die mittlere Lebensdauer eines Lampenpostens, während die Lebensdauer einer Einzellampe unbeeinflussbar um diesen Mittelwert streut. Mit der Einstellung der Leuchtkörpertemperatur wird neben der mittleren Lebensdauer ( $L$ ) auch die Anfangs-Lichtausbeute ( $\eta$ ) festgelegt. Beide Größen sind durch die Gleichung gekoppelt:

$$L \cdot \eta^7 = K, \quad (2)$$

wobei  $K$  eine typenabhängige Konstante ist.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese Gesetzmäßigkeit auch bei Jod-Zusatz erfüllt wird. Das kann als Hinweis angesehen werden, daß die wesentlichen Lebensdauer-Ursachen durch den Jod-Kreisprozeß nicht berührt werden. Wie kommen dann aber die auf vorgegebene Lebensdauer bezogenen Verbesserungen der Anfangslichtausbeute von rd. 15 % zustande, von denen E. G. Zubler und F. A. Mosby berichten [2]?

Zubler und Mosby deuten bereits darauf hin, daß die Druckerhöhung infolge erheblich gesteigerter Kolbentemperatur bei Quarz-Jod-Lampen einen Anteil an der Anfangslichtausbeute-Steigerung haben muß, ohne jedoch Zahlen

oder Beweise dafür zu liefern. Der Betriebsdruck beträgt bei normalen Glühlampen das etwa 1,4-fache, bei Quarz-Jod-Lampen das 3- bis 4-fache des Fülldruckes bei Raumtemperatur; das bedeutet beim üblichen Fülldruck von 600 Torr bei 20 °C Betriebsdrücke von rd. 850 bzw. rd. 2000 Torr. Es soll nun überprüft werden, ob nur diese Arbeitsdruck-Unterschiede bei gleichem Lampenaufbau bereits 15 % höhere Anfangslichtausbeuten verursachen.

Da z. Z. noch Schwierigkeiten bestehen, Quarzlampen bei Überdruck abzuschließen, wurden als Füllgase Krypton und Xenon gewählt und vor dem Verschließen die Gase in der Lampe ausgefroren. Als Versuchstyp wurde die in Bild 3 dargestellte 12 V, 35-W-Quarz-Jod-Lampe gewählt. Die Fülldrücke bei 20 °C wurden von 600 bis 4000 Torr variiert. Zum Vergleich wurde eine Versuchsserie mit 600 Torr Argon gefüllt. Die Anfangs-Lichtausbeuten wurden nach abgeschlossener Brenndauer mit Hilfe von Gl. (2) auf eine einheitliche Lebensdauer umgerechnet und zum Vergleich auf die Lichtausbeute der Lampen mit 600 Torr Argonfüllung bezogen. Die durch die Drucksteigerungen erreichbaren Lichtausbeute-Verbesserungen sind aus Bild 4 zu ersehen. Wenn vorausgesetzt wird, daß für höhere Argondrücke ein entsprechender Kurvenverlauf zu erwarten ist, so muß die gesamte von Zubler und Mosby berichtete Anfangs-Lichtausbeute-Verbesserung der Betriebsdrucksteigerung zugeschrieben werden.

Ist nun der Jod-Kreisprozeß für die Lichtausbeute-Erhöhung tatsächlich ohne Einfluß? Um das nachzuweisen, wurde eine entsprechende Überdruckversuchsreihe mit Autoscheinwerferlampen 6 V, 45 W (Bilux<sup>1)</sup>) herangezogen, wobei nur die in Bild 3 sichtbare Fernlichtwendel gebrannt wurde. Auch hier wurden Lichtausbeute-Erhöhrungen auf die argongefüllte 600-Torr-Ausführung bezogen. Aus Bild 4 ist zu ersehen, daß die Abhängigkeit von Druck und Lichtausbeute bei beiden Lampenarten völlig übereinstimmt. Die Ergebnisse zeigen, daß weder Jodzusat noch unterschiedlicher Lampenaufbau oder abweichende elektrische Daten die Druck-Anfangslichtausbeute-Beziehung beeinflussen. Damit ist nachgewiesen, daß der Jod-Kreisprozeß nicht, wie das Füllgas, die lebensdauerbestimmenden Faktoren beeinflusst.

### Wolframtransport durch Jod-Kreisprozeß

Die vorbeschriebenen Ergebnisse werfen die Frage auf, warum die Lebensdauer und Lichtausbeute durch das Füllgas so stark, durch den Jodzusat dagegen gar nicht beein-

1) „Bilux“ ist geschütztes Warenzeichen.

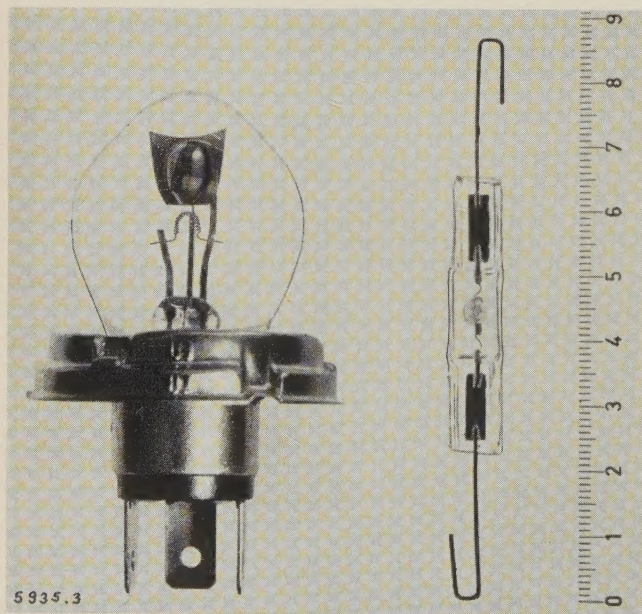


Bild 3. Versuchslampen Quarz-Jod 12 V, 35 W (rechts) und Auto-Scheinwerfer (Bilux) 6 V, 45 W.

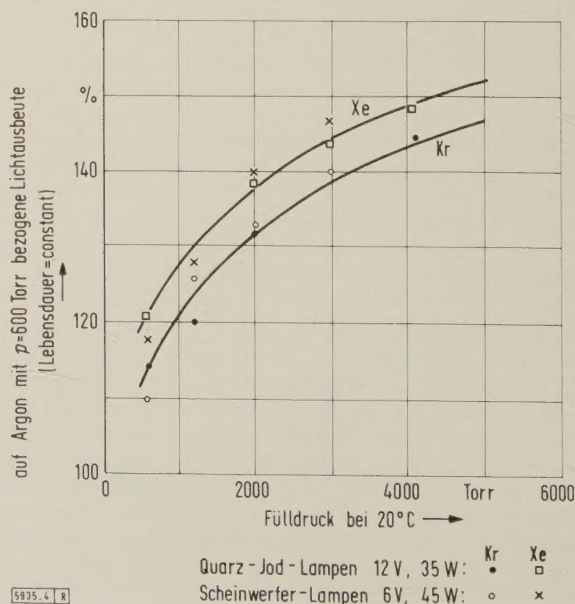


Bild 4. Lichtausbeute-Steigerung durch höhere Fülldrücke bei Verwendung von Krypton oder Xenon mit Versuchslampen nach Bild 3.



flußt werden. Durch beide wird Wolfram zum Leuchtkörper hin zurücktransportiert und auch teilweise dort niedergeschlagen. Allerdings muß angenommen werden, daß das Füllgas in unmittelbarer Leuchtkörperrnähe Wolframdampf zurückwirft, während das Jod vorwiegend in größerem Abstand Wolfram transportiert. Bild 5 zeigt eine schematische Darstellung der betrachteten Prozesse, wobei die Wolframdampf-Konzentration in zwei Zonen herausgestellt wird: Durch das Füllgas in Leuchtkörperrnähe und weiter entfernt durch das Jod. Das Füllgas wird das zurückgeworfene Wolfram vorwiegend wieder in unmittelbarer Nähe des Verdampfungsortes zur Anlagerung bringen, während das vom Jod zurückgebrachte Wolfram bei der Anlagerung keine Beziehung mehr zum Verdampfungsort hat und sich bestenfalls gleichmäßig auf den Leuchtkörper, wahrscheinlicher aber an den kälteren Stellen bevorzugt anlagert. Die Wiederanlagerung unmittelbar am Verdampfungsort ist deswegen so wichtig, weil nur so erreicht wird, daß übertemperierte Leuchtdrahtstellen sich nicht entsprechend ihrer stärkeren Verdampfung schneller abtragen.

Der Jod-Kreisprozeß arbeitet so weit von Leuchtdraht entfernt, um diese Bedingung erfüllen zu können. Selbst wenn es gelänge, durch diesen Kreisprozeß jeglichen Gewichtsverlust des Leuchtkörpers bis zum Lebensdauer-Ende hin zu unterdrücken, würde damit keine ewige Glühlampe geschaffen sein.

#### Anwendung der Lampen mit Jod-Zusatz

Bisher sind Glühlampen mit Jod-Zusatz keine Massenherstellungsartikel. Falls sich ihre Anwendung als so vorteilhaft erweisen sollte, daß sie in Mengen hergestellt werden müssen, so wäre dafür in Europa mit einer Vorbereitungszeit von mindestens drei Jahren zu rechnen. Vorerst können sie nur für Anwendungsgebiete vorgesehen werden, bei denen kleine Lampenmengen benötigt werden.

Auf Grund der bisherigen amerikanischen Erfahrungen werden Quarz-Jod-Lampen zunächst für Gebäude-Anstrahlung, Landebahn-Beleuchtung von Flugplätzen, Flugzeug-Positionsleuchten und zusätzliche Beleuchtung bei Photo- und Schmalfilmaufnahmen in Betracht kommen.

Allgemein kann gesagt werden, daß Quarz-Jod-Lampen wegen ihrer extrem kleinen Abmessungen überall da vorteilhaft verwendbar sind, wo in Verbindung mit kleinen Reflektoren Strahlungsbündelung erzielt werden soll. C. J. Allen und R. L. Paugh [3] beschreiben solche als parabolischer Trog ausgebildeten Reflektoren, die, mit einer 500-W-Lampe bestückt, für Gebäude-Anstrahlung geeignet sind und nur eine Abmessung von 20 cm × 24 cm × 10 cm besitzen. Diese Reflektoren können unmittelbar an der anzustrahlenden Gebäudefront angebracht werden. Für Flugplatzbeleuchtung werden ähnliche kleine Reflektoren, mit 200-W-Lampen bestückt, über oder unter der Landebahn angeordnet.

Bei dieser Verwendung macht sich ein weiterer Vorteil der Quarz-Jod-Lampe bemerkbar. Sie ist, verglichen mit normalen gasgefüllten Lampen, unempfindlich gegen Wasserspritzer, weswegen ihre Anwendung im Freien ohne Einschränkung möglich ist.

Zweifelloos werden die kleinen Abmessungen dieser Lampe nicht nur für die Anwendung in Reflektoren, sondern auch in anderen optischen Geräten Vorteile bieten, soweit die hohen Temperaturen der Kolben das zulassen.

#### Zukunftsansichten

Die technische Ausnutzung der Vorteile, welche hohe Fülldrücke insbesondere bei Verwendung von Krypton oder Xenon bieten, unterblieb bei Glühlampen ohne Halogen-

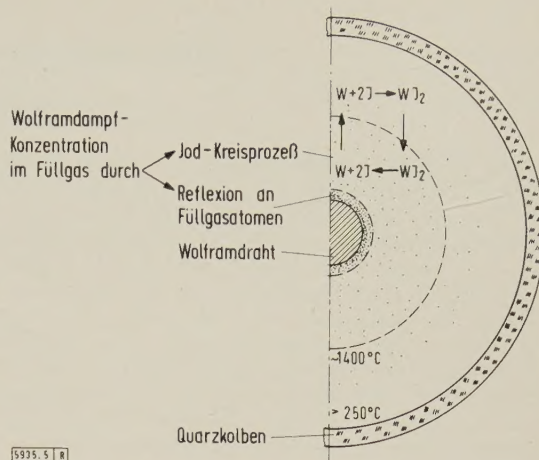


Bild 5. Wolframdampf-Konzentration durch Füllgas und Jod-Kreisprozeß.

zusatz, weil die Kolbenschwärzung eine wesentliche Verkleinerung der Lampen verhinderte. Solche extrem kleinen Kolben sind aber für Hochdruckfüllung mit teuren Edelgasen erforderlich:

Um eine möglichst hohe Druckfestigkeit der Lampe zu gewährleisten und

um so wenig wie möglich von den seltenen Edelgasen zu benötigen und damit einen tragbaren Lampenpreis zu erreichen.

Quarz-Jod-Lampen erfüllen diese Bedingungen durch die äußerst starke Verkleinerung des Lampenvolumens auf  $1/3\%$  des bisher üblichen weitgehend. Daher kann erwartet werden, daß bei diesen ohnehin teuren Lampen der zusätzliche Aufwand der Krypton- oder gar Xenon-Hochdruckfüllung lohnt, um die in Bild 4 beschriebenen Lichtausbeute-Verbesserungen auszunützen.

Die damit, insbesondere bei Lampen über 1 A Stromaufnahme, zu erwartende Steigerung von Lichtausbeuten und Leuchtdichten bis zu 50 % gegenüber bisher üblichen Lampen dürfte für die Anwendung in optischen Geräten erhebliche Bedeutung erhalten.

#### Zusammenfassung

Der Jodzusatz bewirkt in einem Kreisprozeß den Rücktransport des vom Leuchtdraht abgetragenen Wolframs zu Stellen des Leuchtkörpers und seiner Halterung, welche über 1400 °C Betriebstemperatur aufweisen. Dadurch wird eine Kolbenschwärzung völlig vermieden und als Folge können die Lampenabmessungen extrem verkleinert werden. Die Faktoren, welche Lebensdauer und Anfangs-Lichtausbeute bestimmen, werden durch den Jod-Kreisprozeß nicht beeinflußt. Bisher an Quarz-Jod-Lampen beobachtete Verbesserungen von Anfangs-Lichtausbeuten und Lebensdauern wurden durch Betriebsdruck-Steigerungen auf über das Doppelte infolge höherer Kolbentemperaturen erreicht. Es wird nachgewiesen, daß der Jod-Kreisprozeß bis zu 4000 Torr Fülldruck und vermutlich auch darüber entschwärzt und daß damit bei Verwendung von Krypton und Xenon Lichtausbeute-Steigerungen bis zu 50 % erreicht werden können.

#### Schrifttum

- [1] Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische Glühlampen: Elektrische Glühlampe mit Selbstreinigung und selbsttätiger Leuchtkörper-Regenerierung, DBP 841 307 (1949).
- [2] Zubler, E. G., u. Mosby, F. A.: An iodine incandescent lamp with virtually 100 per cent lumen maintenance. Illum. Engng. Bd. 54 (1959) S. 734-740.
- [3] Allen, C. J., u. Paugh, R. L.: Applications of the quartz lighting lamp. Illum. Engng. Bd. 54 (1959) S. 741-742.



# Elektrolumineszenz-Lichtquellen

Von Hans-Joachim Kösel, Augsburg\*)

DK 621.327.9 : 535.376

Für alle Bereiche der Lichttechnik stehen heute geeignete Lichtquellen zur Verfügung. Neben dem großen Gebiet der Lampen für die allgemeine Beleuchtung finden wir eine Fülle von Speziallampen. Einer dieser Lampentypen, der wegen seiner Neuheit besonderes Interesse hervorruft, ist die Elektrolumineszenz-Lichtquelle, die im folgenden kurz als Leuchtplatte bezeichnet wird. Sie stellt, im Gegensatz zu Glühlampen und Leuchtstofflampen, eine flächenhafte Lichtquelle dar. Ihre verhältnismäßig geringe Leuchtdichte von 10 bis 20 asb bei Netzbetrieb und ihre gleichmäßige Leuchtverteilung über beliebig geformte Flächen macht sie für die Ausleuchtung von Skalen, Schriften, Zeichen u. ä. besonders geeignet.

## Aufbau und Ausführungsformen

Die Leuchtplatte stellt im Grunde einen Plattenkondensator dar, dessen Dielektrikum ein in einem durchscheinenden Werkstoff eingebetteter Leuchtstoff ist. Von einem Wechselfeld wird der Leuchtstoff angeregt und emittiert Licht durch eine der lichtdurchlässigen Flächenelektroden (Bild 1).

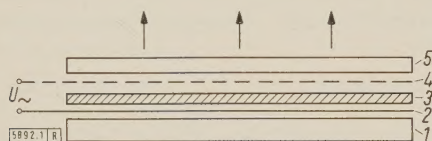


Bild 1. Aufbau einer Leuchtplatte.

- |                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1 Grundplatte        | 4 durchsichtige, leitende Schicht |
| 2 untere Elektrode   | 5 Deckschicht                     |
| 3 Leuchtstoffschicht |                                   |

Der elektrolumineszente Leuchtstoff ist in fast allen Fällen ein Zinksulfidphosphor, der mit geringen Mengen Kupfer oder Kupfer und Mangan aktiviert ist. Leuchtstoffe mit grüner, blauer, gelber und roter Strahlung werden hergestellt. Durch Mischen der geeigneten Leuchtstoffe kann auch weißes Licht erzeugt werden.

Die Leuchtdichte der verschiedenen Farben ist sehr unterschiedlich. Am hellsten und daher am meisten verwendet wird der grün leuchtende Phosphor. Blau und gelb erscheinen etwa mit einem Drittel der Leuchtdichte der grünen Emission. Die Leuchtdichte der roten Sulfid-Leuchtstoffe ist noch nicht befriedigend. Zum Herstellen einer rot emittierenden Leuchtplatte wird daher oft der Weg beschritten, daß man einen roten photolumineszenten Leuchtstoff, mit Lack angestrichen, in dünner Schicht auf eine grüne Leuchtplatte aufbringt. Die hierzu geeigneten Leuchtstoffe sind organische Tageslicht-Leuchtstoffe, die von der grünen Strahlung zu tief rotem Leuchten angeregt werden.

In der industriellen Fertigung der Leuchtplatten haben sich im Laufe der Entwicklungsarbeiten im wesentlichen drei Bauarten herausgebildet: Die keramische Ausführung, die Herstellung mit Hilfe von Kunststoff-Folien und der Aufbau auf Glasplatten.

## Aufbau auf Glasplatten

Bei der Glas-Elektrolumineszenzplatte ist der Leuchtstoff in einem Lack-Kunstharz eingebettet, der auf einer Glasplatte aufgetragen ist. Diese Ausführung ist die älteste, weil man es frühzeitig verstand, in einfacher Weise Glasplatten-Oberflächen elektrisch leitend zu machen, ohne die

Durchsichtigkeit zu beeinträchtigen. Hierzu wird im allgemeinen eine Zinnsalzlösung auf die rd. 600 °C heiße Glasplatte aufgesprüht. Bei dieser Temperatur bildet sich auf der Oberfläche eine halbleitende Zinnoxidschicht, die ausreichend transparent ist. Auf die so behandelte Glasplatte wird der in Kunstharz eingebettete Leuchtstoff in dünner Schicht (50 bis 100 µm) aufgebracht.

Die Gegenelektrode besteht meist aus in Lack suspendiertem Silberpulver oder aus einer im Vakuum aufgedampften Aluminiumschicht. Zwischen dieser Elektrode und dem Leuchtstoff wird teilweise noch eine Reflex- oder Isolierschicht eingefügt. Zum Schutz gegen Feuchtigkeit befindet sich als Abschluß über der Metallelektrode eine dicke Kunstharzschicht oder besser eine weitere aufgeklebte Glasplatte.

Das Aufbringen des Leuchtstoffes auf ebene Glasplatten ist verhältnismäßig einfach, und man kann sehr gleichmäßige Schichten erzeugen. Die Gesamtdicke der Platte ist etwa 5 mm.

Die Leuchtdichte nimmt bei Anschluß an Netzspannung 220 V, 50 Hz, in 5000 Betriebsstunden um etwa 60 % ab. Bei einem Spannungsdurchschlag können selbst bei Verwendung schwerentflammbarer Kunststoffe größere Bereiche der Leuchtfläche zerstört werden.

## Aufbau mit Kunststoff-Folien

Bei den Kunststoff-Lumineszenzplatten ist der Leuchtstoff zwar ebenfalls in Kunstharz eingebettet, die Platten selbst sind aber auf Kunststoff-Folien aufgebaut. Während die untere Elektrode aus aufgesprühtem Leitsilber oder aus einer Aluminiumfolie besteht, bereitet die Herstellung der oberen durchsichtigen Elektrode gewisse Schwierigkeiten, weil hier das Verfahren des Aufsprühens wegen der hohen Temperatur nicht ausführbar ist. Es gibt aber eine Reihe von weiteren Möglichkeiten, z. B. das Aufdampfen von sehr dünnen Edelmetallschichten im Vakuum oder das Aufbringen von dünnen Halbleiterschichten. Auch hier kann eine Reflex- oder Isolierschicht zwischen Metall-Elektrode und Leuchtstoffschicht eingebaut werden.

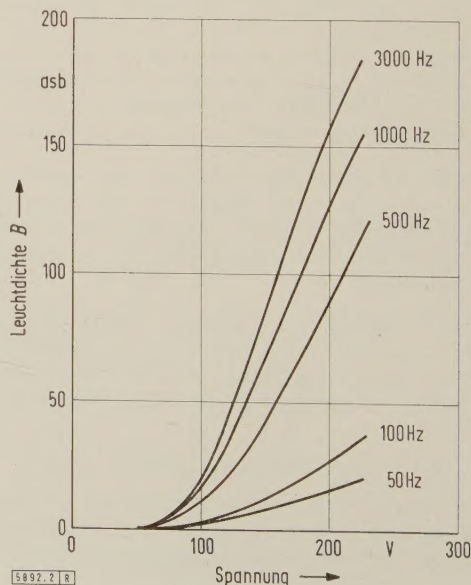


Bild 2. Leuchtdichte in Abhängigkeit von der Spannung und der Frequenz.

\*) Dr.-Ing. H.-J. Kösel ist Laboratoriumsleiter in der OSRAM-Studien-gesellschaft.



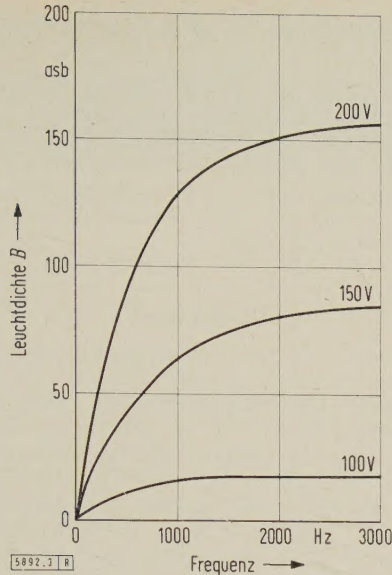


Bild 3. Leuchtdichte in Abhängigkeit von der Frequenz des Wechselfeldes.

Die Ausführung der Platten mit neuartigen Kunststoffen wirkt als die eleganteste Lösung. Leider ist das Alterungsverhalten dieser Leuchtplatten noch nicht befriedigend. Bei Netzbetrieb muß im Laufe von 5000 h mit einer Leuchtdichte-Abnahme von mehr als 70 % gerechnet werden. Die sehr dünne Leuchtstoffschicht wird bei feuchter Atmosphäre leicht zerstört. Auch bei diesen Leuchtplatten kann ein Durchschlag zur teilweisen Zerstörung der Leuchtplatte führen.

Aufbau in Keramik

Keramische Werkstoffe führen zu den stabilsten und alterungsbeständigsten Leuchtplatten. Die Hauptmerkmale dieser Leuchtplatten sind die Einbettung des Leuchtstoffes in transparentem Email und der Aufbau auf einer Metallplatte.

Als Grundfläche dient im allgemeinen ein 0,5 bis 1 mm dickes Eisenblech, das gleichzeitig als Elektrode wirkt. Der Leuchtstoff ist darauf in durchsichtigem Glasfluß eingebettet, also in einem wasserundurchlässigen anorganischen Werkstoff. Die obere Elektrode ist eine Zinnoxyschicht, und den Abschluß bildet eine durchsichtige Emailsicht. Auch hier kann zwischen Leuchtstoffsicht und unterer Elektrode eine Zwischenschicht als Reflex- oder Isolierschicht eingefügt werden.

Die Einbettung in anorganische Stoffe, die praktisch keine Feuchtigkeit aufnehmen oder durchlassen, erscheint bis jetzt als beste Lösung für eine dauerhafte Leuchtplatte. Die Platten sind etwa 2 mm dick. Die Leuchtdichte nimmt im Laufe von 5000 Betriebsstunden nur um etwa 20 % ab. Die Gefahr des Verbrenns ist wegen der Verwendung von unbrennbaren Werkstoffen nicht gegeben.

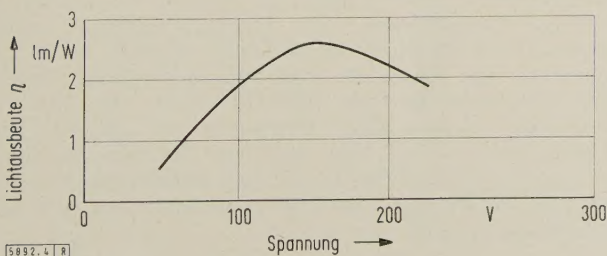


Abb. 4. Lichtausbeute in Abhängigkeit von der Spannung bei 50 Hz.

Physikalisches Verhalten

An Hand einiger Meßergebnisse an einer kommerziellen Leuchtplatte auf Keramikbasis mit grüner Emission sollen das Verhalten der Leuchtplatten und ihre interessierenden Eigenschaften angegeben werden.

Bild 2 zeigt den exponentiellen Anstieg der Leuchtdichte mit der Spannung für verschiedene Frequenzen. Mehrere Formeln, welche diese Gesetzmäßigkeit beschreiben, wurden vorgeschlagen. Am besten erfüllt ein Exponentialgesetz der Form

$$B = A \cdot e^{\frac{b}{\sqrt{U}}}$$

den beobachteten Sachverhalt. Hier sind  $B$  die Leuchtdichte,  $U$  die Spannung und  $A$  und  $b$  Konstanten in bezug auf die Spannung, sie sind aber frequenz- und temperaturabhängig.

Bild 3 beschreibt die Abhängigkeit der Leuchtdichte von der Frequenz des angelegten Wechselfeldes für verschiedene Spannungswerte. Man erkennt hieraus die Möglichkeit, durch Verwendung höherer Frequenzen, z. B. 500 Hz, die Leuchtdichte erheblich zu steigern. Dies hat aber leider einen ungünstigen Einfluß auf das Alterungsverhalten der Platten.

In Bild 4 ist die Lichtausbeute in Abhängigkeit von der Spannung bei 50 Hz aufgetragen. Der Bestwert der Lichtausbeute liegt meist unterhalb der Betriebsspannung. Diese ist im allgemeinen so gewählt, daß bei genügender Sicherheit gegenüber Durchschlägen eine größtmögliche Leuchtdichte erreicht wird. Man ist natürlich bestrebt, den

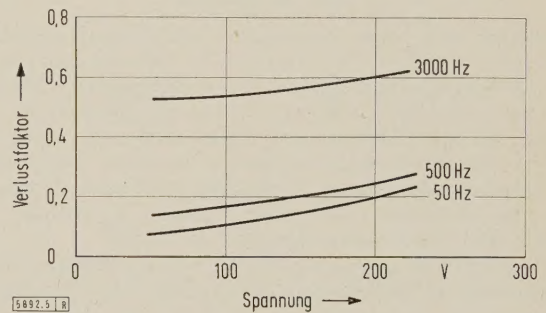


Bild 5. Verlustfaktor in Abhängigkeit von der Spannung.

Höchstwert der Lichtausbeute durch den Aufbau der Schichten und Vorbehandlung des Leuchtstoffes möglichst bei der Betriebsspannung zu erhalten. Der starke Abfall der Lichtausbeute bei höheren Spannungen ist, neben dem nicht-linearen Verhalten der Stromspannungs-Charakteristik der Leuchtplatte, auch dem Ansteigen des Verlustfaktors zuzuschreiben (Bild 5).

Zum Schluß sei noch kurz auf das Verhalten der Leuchtdichte in Abhängigkeit von der Temperatur hingewiesen. Nach einem langsamen Anstieg der Leuchtdichte bei niedrigen Temperaturen bis zur Zimmertemperatur fällt die Leuchtdichte wieder ab und ist bei Temperaturen über + 150 °C annähernd Null. Dieser Abfall bei höheren Temperaturen wird durch die größere Wahrscheinlichkeit des Auftretens strahlungsloser Übergänge hervorgerufen, d. h. der angeregte Leuchtstoff geht in seinen energetischen Grundzustand zurück, ohne sichtbare Strahlung zu emittieren.

Zusammenfassung

Die Leuchtplatte stellt durch ihre flächenhafte Form eine neue interessante Lichtquelle dar. Nach einem kurzen Überblick über die Leuchtstoffe werden die drei hauptsächlich technischen Ausführungen von Leuchtplatten behandelt. Ihr physikalisches Verhalten in bezug auf Leuchtdichte, Lichtausbeute und Verlustfaktor in Abhängigkeit von Spannung und Frequenz wird beschrieben und graphisch dargestellt.



# Transistor-Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen in Verkehrsmitteln

Von Carl-Heinz Zieseniß, Hamburg\*)

DK 621.327.534.15 : 621.314.57 : 621.382.004.3

Aus der Beleuchtungstechnik ist die Leuchtstofflampe als wirtschaftliche Lichtquelle nicht mehr fortzudenken. Die zahlreichen Vorteile, welche die Leuchtstofflampe gegenüber der Glühlampe auszeichnen, sind allgemein bekannt: Die Lichtausbeute der üblichen 40- und 65-W-Leuchtstofflampen liegt zwischen 35 und 57 lm/W je nach Leistungsaufnahme und Lichtfarbe im Vergleich zu 10 bis 20 lm/W bei Glühlampen. Die Leuchtstofflampen sind äußerst widerstandsfähig gegen mechanische Erschütterungen und ihre mittlere Lebensdauer liegt bei 7500 Brennstunden. Ihre große Oberfläche bewirkt, daß die Oberflächentemperatur niedrig bleibt und aus dem gleichen Grunde ist die Leuchtdichte, und damit die Blendwirkung, um ein Vielfaches geringer als die der Glühlampe.

Mit Leuchtstofflampen kann man deshalb die Beleuchtungsstärke auch leichter gleichmäßig im Raum verteilen. Schließlich hat man durch entsprechende Zusammensetzung der auf der Innenwand der Lampen aufgetragenen Leuchtstoffe erreicht, daß die Lichtfarbe und vor allen Dingen auch die Farbwiedergabe den höchsten Ansprüchen genügen. Dieser vielen Vorteile wegen findet man auch immer häufiger Leuchtstofflampen für die Beleuchtung von Autobussen, Eisenbahnwagen, Wohnwagen, Schiffen und Flugzeugen.

## Leuchtstofflampenbetrieb aus dem Bordnetz von Fahrzeugen

Spricht man über elektrische Fahrzeugbeleuchtung, so muß man zwischen Fahrzeugen mit Mittelspannungs- und mit Niederspannungs-Bordnetzen unterscheiden. Mittelspannungs-Bordnetze haben im allgemeinen Fahrzeuge, die ihre Energie aus einem ortsfesten elektrischen Gleich- oder Wechselspannungsnetz beziehen. Dazu gehören vor allem Straßenbahnen, U-Bahnen, Stadtbahnen, zum Teil auch die Eisenbahn. Aber auch in dieselektrischen Triebwagen sind Mittelspannungsnetze installiert.

Niederspannungs-Bordnetze findet man im allgemeinen in Fahrzeugen ohne eigene Antriebsmaschine (Speisewagen, Reisezugwagen, Wohnwagen) und in selbstfahrenden Fahrzeugen, bei denen die Lichtmaschine von dem Antriebsmotor angetrieben wird, z. B. bei Kraftwagen und Flugzeugen. Während der Motor nicht läuft, übernimmt dann eine Akkumulatoren-Batterie die Stromversorgung.

## Gleichspannungs-Leuchtstofflampen

Für die Beleuchtung von aus einem Starkstromnetz gespeisten Fahrzeugen werden schon seit langer Zeit Leuchtstofflampen verwendet. Für Netze mit Gleichspannung gibt es besondere Leuchtstofflampen, und zwar eine TL-C-Leuchtstofflampe für 15 W bei 72 V und eine 20-W-Lampe für 110 V. Hat man 220 V Gleichspannung im Fahrzeug zur Verfügung, kommt die starterlose TL-R-Leuchtstofflampe 40 W in Betracht. Als Vorschaltgeräte dienen für die TL-C- und TL-R-Leuchtstofflampen Ohmsche Widerstände, sogenannte Stabilisatoren. Bei der TL-C-Lampe wird zusätzlich noch ein Relais zum Zünden der Lampe benötigt. Zum Beleuchten von Seeschiffen werden die starterlosen TL-R-Gleichspannungs-Leuchtstofflampen ebenfalls schon seit langer Zeit benutzt.

Der Gleichspannungsbetrieb der Leuchtstofflampe ist nicht ganz so wirtschaftlich wie bei Wechselspannung. Bei Gleichspannung muß der Spannungsunterschied zwischen Netzspannung und Lampenbrennspannung mit Ohmschen Widerständen vernichtet werden. Bei Wechselspannung dagegen werden induktive Vorschaltgeräte verwendet, deren Verluste geringer sind.

Der Betrieb von Leuchtstofflampen aus dem Wechselspannungsnetz (Fahrdraht) ist nur dann zu empfehlen, wenn eine Netzfrequenz von etwa 50 Hz vorhanden ist. Bei niedrigeren Frequenzen, z. B. bei 16 $\frac{2}{3}$  Hz, stört das Flimmern der Leuchtstofflampen.

## Umformer

Der Betrieb von Leuchtstofflampen unmittelbar aus Niederspannungs-Bordnetzen (12 oder 24 V) ist nicht möglich. Man benötigt deshalb Umformer, die eine höhere Spannung liefern. Aus verschiedenen Gründen ist es zweckmäßig, dann die Lampen mit Wechselspannung höherer Frequenz zu speisen, weil der Lichtstrom von Leuchtstofflampen mit steigender Frequenz zunimmt. Bild 1 zeigt den relativen Lichtstrom von Philips-Leuchtstofflampen 20 W und 40 W in Abhängigkeit von der Frequenz des Speisestromes bei konstanter Leistung in der Entladung. Der Lichtstrom ist mit 100 % bei 50 Hz angesetzt.

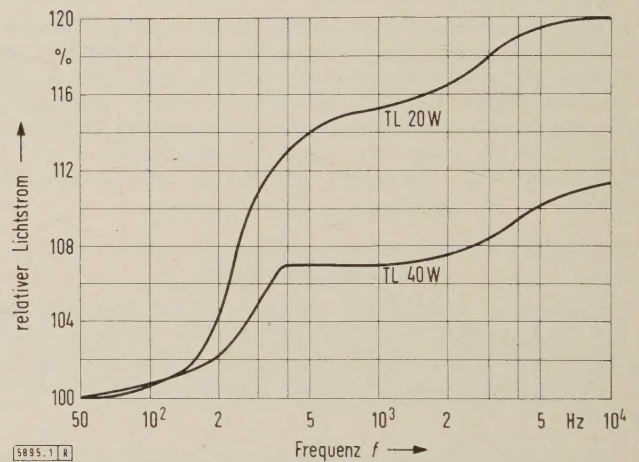


Bild 1. Relativer Lichtstrom einer 20-W-Leuchtstofflampe und einer 40-W-Leuchtstofflampe in Abhängigkeit von der Frequenz des Speisestromes bei konstanter Leistung in der Entladung.

Bei höheren Frequenzen können die Vorschaltgeräte außerdem kleiner sein und sie haben auch weniger Verluste. Schließlich verringert eine hohe Frequenz der Speisepannung die Welligkeit im Lichtstrom. Dieses kann wichtig sein in Fahrzeugen, wo man wegen der regelmäßigen rüttelnden Bewegungen (stroboskopischer Effekt) strengere Anforderungen stellen muß.

## Mechanische Umformer

Zum Umformen von Gleichspannung in Wechselspannung gibt es verschiedene Verfahren. Motorgeneratoren oder Einankerumformer sind wegen des schlechten Wirkungsgrades nicht vorteilhaft. Sie können die Vorteile der höheren Lichtausbeute bei Leuchtstofflampen zunichte machen. Beim mechanischen Zerkacker ergeben sich Schwierigkeiten, weil er die für eine gute Beleuchtung erforderliche elektrische Leistung nicht beherrscht. Der bisher am häufigsten angewendete Umformer ist der Turbowechselrichter, bei dem ein umlaufender Quecksilberstrahl abwechselnd Kontakt mit feststehenden Segmenten gibt. Die Frequenz bei Turbowechselrichtern wird meist mit 100 Hz gewählt.

Diese drei Umformarten sind mechanische Umformer, die nicht frei von Abnutzungserscheinungen und damit War-

\*) Ing. C.-H. Zieseniß ist Mitarbeiter der Deutschen Philips GmbH, Hamburg.



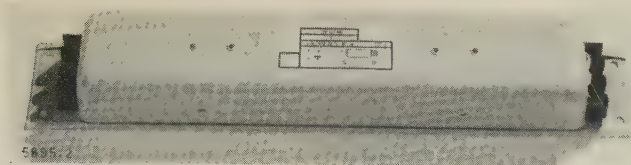


Bild 2. Transistor-Vorschaltgerät VTS für eine Leuchtstofflampe 20 W.

tungsarbeiten sind. Zweifellos gilt aber der Turbowechselrichter bisher als der zuverlässigste Umformer mit hohem Wirkungsgrad, der vielfach erfolgreich verwendet wird.

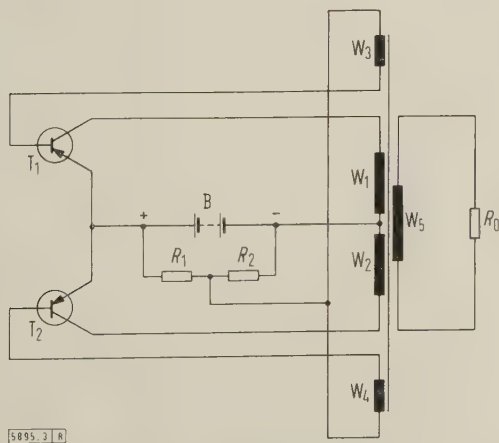
### Transistor-Umformer

Die Entwicklung der Leistungstransistoren in den letzten Jahren machte es möglich, Umformer zu bauen, die keiner mechanischen Abnutzung unterliegen und daher völlig wartungsfrei arbeiten. Diese Transistor-Vorschaltgeräte (Bild 2) erlauben den Betrieb von Leuchtstofflampen unmittelbar aus 12- oder 24-V-Batterien. Da es bei Transistor-Umformern leicht möglich ist, Frequenzen von 7 bis 9 kHz zu erzeugen, können die Vorschaltgeräte verhältnismäßig leicht und klein sein. Darüber hinaus arbeiten sie mit einem bisher nicht erreichten Wirkungsgrad von über 80 %, wodurch die wirtschaftlichen Vorteile der Leuchtstofflampen noch unterstützt werden.

Die Wirkungsweise eines Transistor-Umformers, bei dem als Belastung zunächst ein Widerstand  $R_0$  eingesetzt wurde, geht aus dem Grundschaltbild hervor (Bild 3). Die beiden Transistoren  $T_1$  und  $T_2$ , die in dieser Schaltung nicht als Verstärker, sondern als Schalter arbeiten, lassen abwechselnd vom Emitter zum Kollektor Strom hindurch. Das bedingt, daß der Transformator annähernd eine Rechteckspannung liefert.

Die Möglichkeit, mit Transistoren eine verhältnismäßig hohe Wechselstromleistung zu erzeugen, ist damit zu erklären, daß der Spannungsverlust im jeweils stromleitenden Transistor sehr klein ist, und daß durch den anderen Transistor, an dem zwar eine hohe Spannung liegt, nur ein vernachlässigbar kleiner Strom fließt. Die Frequenz des Wechselstroms wird bestimmt durch die Kennlinien der Transistoren, durch die Belastung und durch die Leerlauf-Selbstinduktion der Primärspulen des Transformators.

Um die Wirkungsweise zu erklären, wird als Ausgangspunkt der Augenblick angenommen, in dem der Transistor  $T_1$  leitend ist und der Transistor  $T_2$  den Strom sperrt. Die Batterie  $B$  liefert den Strom über den Emitter und Kollektor von  $T_1$ , der über die Primärwicklung  $W_1$  des Transformators zur Batterie zurückfließt. Dann liegt fast die gesamte Batteriespannung  $U_B$  an dieser Wicklung. Die Wicklungen  $W_3$  und  $W_4$  sind derart angeschlossen, daß die Spannung über  $W_3$  die Basis des Transistors  $T_1$  noch weiter ins nega-

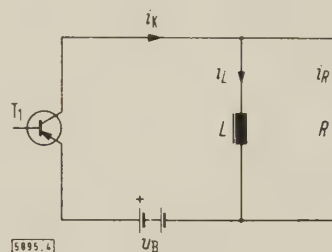
Bild 3. Grundschaltbild eines Transistor-Umformers, belastet mit einem Widerstand  $R_0$ .

tive schiebt, als es der Spannungsteiler  $R_1$  und  $R_2$  schon tut. Die Basis des Transistors  $T_2$  wird gleichzeitig um den gleichen Betrag zum Positiven geschoben. Dies entspricht dann dem leitenden Zustand von  $T_1$  und dem gesperrten von  $T_2$ .

In einem Ersatzschaltbild (Bild 4) kann man jetzt die wirksame Schaltung, bestehend aus den Wicklungen  $W_1$ ,  $W_5$  und dem Widerstand  $R_0$ , darstellen. Die Wicklungen  $W_1$  und  $W_5$  mit dem Widerstand  $R_0$  kann man sich ersetzt denken durch die Parallelschaltung eines Widerstandes  $R$  (die Belastung  $R_0$  wird entsprechend dem Übersetzungsverhältnis des Transformators auf seine Primärseite umgerechnet) und einer Selbstinduktion  $L$ , die den Wert der unbelasteten Wicklung (Leerlauf-Selbstinduktion) von  $W_1$  wiedergibt. An dieser Parallelschaltung liegt die Batteriespannung  $U_B$ , wobei der Verlust im Transistor  $T_1$  vernachlässigt wurde.

Der Kollektorstrom  $i_K$  teilt sich in zwei Teilströme auf: und zwar in den konstanten Strom  $i_R = U_B/R$  und — unter Annahme eines konstanten  $L$  — den mit der Zeit  $t$  proportional zunehmenden Strom  $i_L = U_B t/L$ . Der Kollektorstrom  $i_K$  nimmt also mit der Zeit zu. Dieser Strom ist jedoch begrenzt durch die konstante Spannung zwischen Emitter und Basis.

Sobald  $i_K$  den Grenzwert  $I_K$  erreicht hat, kann er also nicht weiter zunehmen. Dadurch kann auch der Strom  $I_L$  nicht mehr ansteigen und  $d i_L/d t$  wird Null, womit alle Transformatorspannungen zusammenbrechen.

Bild 4. Ersatzschaltbild. Die Transistor-Umformerspulen  $W_1$  und  $W_5$  und der Belastungswiderstand  $R_0$  aus Bild 3 sind ersetzt durch Parallelschaltung einer Selbstinduktion  $L$  und eines Widerstandes  $R$ .

Durch das Verschwinden der Spannung über der Wicklung  $W_3$  (Bild 3) nimmt der Basisstrom von  $T_1$  ab, zwingt damit also auch den Strom  $i_K$  abzunehmen, was zur Folge hat, daß im Transformator Spannungen mit entgegengesetzten Vorzeichen induziert werden. Jetzt sperrt der Transistor  $T_1$  und  $T_2$  wird leitend.  $T_2$  und  $W_2$  übernehmen jetzt die Rolle der vorher beschriebenen Elemente  $T_1$  und  $W_1$ . Es entsteht also ein ständig wechselnder Zustand der Schaltung, wobei die Transformatorspannung nahezu rechteckig ist. Eine Halbperiode wird — abgesehen von der kurzen Kommutierungszeit — durch die Zeitdauer gebildet, die der Wert  $i_K$  benötigt, um von der Größe  $U_B/R$  auf den Wert  $I_K$  anzusteigen. Die Frequenz steigt also mit abnehmendem  $L$ ,  $R$  und  $I_K$  und mit zunehmendem  $U_B$ .

Den in der Grundschaltung (Bild 3) angenommenen Belastungswiderstand  $R_0$  kann man nicht ohne weiteres durch eine Leuchtstofflampe ersetzen. Dies hängt vor allem mit dem Unterschied zwischen Zünd- und Brennspannung der Leuchtstofflampe zusammen. Will man vermeiden, daß die Transistoren hinsichtlich der Spannung vor dem Zünden stark überbelastet oder nach dem Zünden unterbelastet sind, muß man versuchen, das Verhältnis von Zünd- zu Brennspannung der Leuchtstofflampe möglichst klein zu halten.

Um dieses zu erreichen, wurden zwei Wege beschritten. Bei der Verwendung der Kleinstleuchtstofflampen für 6 und 8 W, der Standard-Leuchtstofflampen für 20 und 40 W mit Starterbetrieb und der starterlosen TL-M-Direktstart-Leuchtstofflampen 20 und 40 W setzt man die Zündspannung dadurch herab, daß man die beiden Lampen-Elektroden über



die beiden Hilfswicklungen  $W_6$  und  $W_7$  vorheizt (Bild 5). Werden beim Zünden von Leuchtstofflampen die beiden Elektroden vorgeheizt, so geht das Verhältnis von Zünd- zu Brennspannung von etwa 5:1 auf 2:1 zurück. Das gleiche kleine Verhältnis von Zünd- zu Brennspannung ist auch bei Verwendung der starterlosen Leuchtstofflampen mit Einstiftsockel TL-X bzw. TL-S für 20 bzw. 40 W vorhanden. Die Zündspannung wird bei diesen beiden Lampentypen durch einen auf der Innenseite des Glasrohres angebrachten Zündstreifen herabgesetzt, der mit einer Elektrode der Leuchtstofflampe verbunden ist. Gezündet wird nach dem sogenannten Glimmstartprinzip; dabei entsteht nach dem Einschalten zwischen einer Elektrode und dem freien Ende des Zündstreifens eine Glimmentladung, die den Zündvorgang einleitet.

Im allgemeinen können bei Leistungsstufen bis zu 20 W zwei und mehr Leuchtstofflampen je Transistor-Vorschaltgerät angeschlossen werden. Bild 6 zeigt die Schaltungsmöglichkeit der verschiedenen Leuchtstofflampentypen. Für die Kleinstleuchtstofflampen TL 6 W und TL 8 W wird noch ein Zusatzgerät benötigt (Bild 7). Es ist jedoch nicht in jedem Fall zweckmäßig, mehrere Lampen an einen Umformer zu schließen. Die Dezentralisierung der Umformer vergrößert die Betriebssicherheit und außerdem wird die Verdrahtung einfacher, wenn jede Leuchte vollständig mit Vorschaltgerät geliefert werden kann. Bild 8 zeigt die Schaltung für eine Notstrombeleuchtung. Bei Netzausfall wird die Leuchtstofflampe selbsttätig auf das Transistor-Vorschaltgerät umgeschaltet.

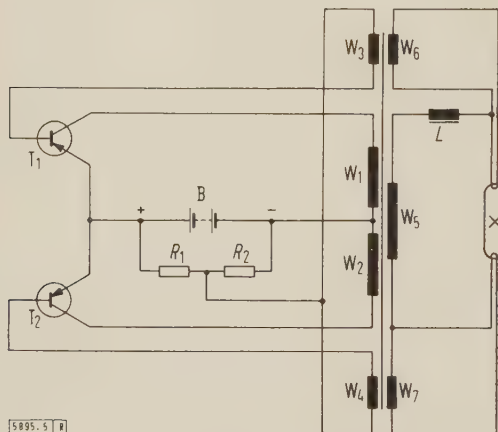


Bild 5. Schaltung eines Transistor-Umformers, der mit einer Leuchtstofflampe belastet ist.

### Beispiele von Beleuchtungsanlagen mit Transistor-Vorschaltgeräten

Von den zahlreich verschiedenen Beleuchtungsanlagen mit Leuchtstofflampen und Transistor-Vorschaltgeräten im Eisenbahnbetrieb zeigt Bild 9 die Innenansicht eines Speisewagens der Deutschen Schlaf- und Speisewagen-Gesellschaft (DSG). Zum Beleuchten wurden unmittelbar an die helle Decke des Wagens Acrylglas-Wannenleuchten für je zwei TL-Leuchtstofflampen 20 W montiert. Die Anordnung und Anzahl der Leuchten gewährleiten eine helle und gleichmäßige Beleuchtung des ganzen Speisewagens. Wegen der Gleichspannung von 24 V werden die Leuchtstofflampen mit Transistor-Vorschaltgeräten betrieben. Um Kosten und Platz zu sparen, wurden jeweils zwei Leuchtstofflampen 20 W in sogenannter Tandemschaltung (Bild 6b) an ein Vorschaltgerät angeschlossen. Wegen der guten Farbwiedergabe und einer warmen angenehmen Atmosphäre im Speisewagen werden Leuchtstofflampen mit der Lichtfarbe „Warmton de Luxe“ verwendet.

Eine andere Anordnung der Beleuchtungskörper zeigt Bild 10. Der Speisewagen der Internationalen Eisenbahn-

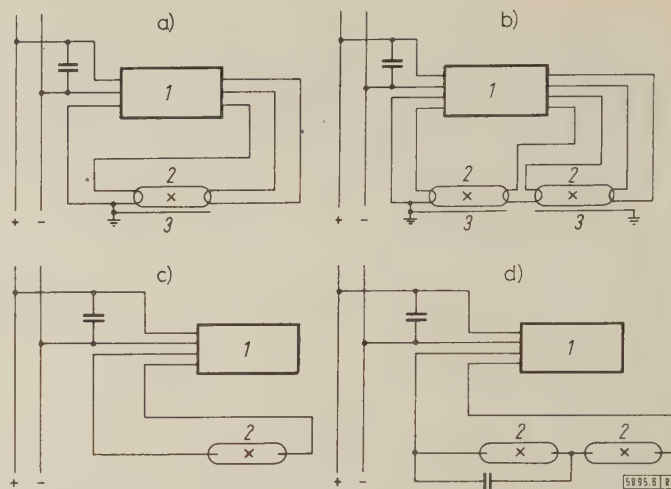


Bild 6. Schaltungsmöglichkeiten von Transistor-Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen.

- 1 Vorschaltgerät  
2 Lampe  
3 Zündstreifen  
a) Einzelschaltung mit TL-M- oder TL-Standard-Leuchtstofflampen,  
b) Tandemschaltung mit 2 TL-M- oder TL-Standard-Leuchtstofflampen,  
c) Einzelschaltung mit TL-S- oder TL-X-Leuchtstofflampen,  
d) Tandemschaltung mit 2 TL-S- oder TL-X-Leuchtstofflampen.

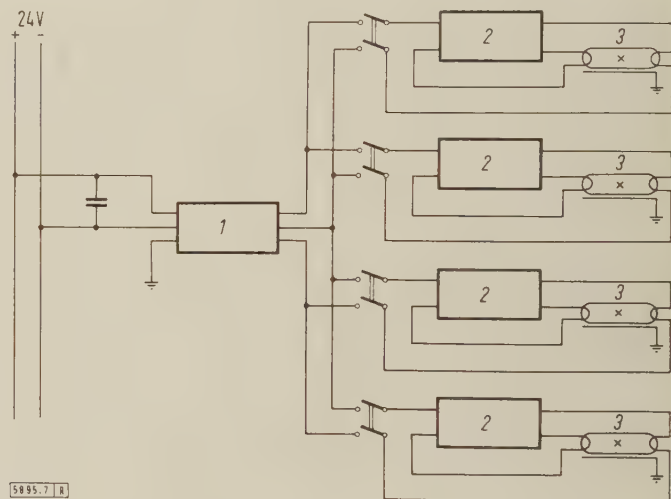


Bild 7. Gruppenschaltung von 4 TL-Kleinst-Leuchtstofflampen 8 W über ein Transistor-Vorschaltgerät 1. Die Lampen 3 sind einzeln schaltbar und benötigen je ein Zusatzgerät 2.

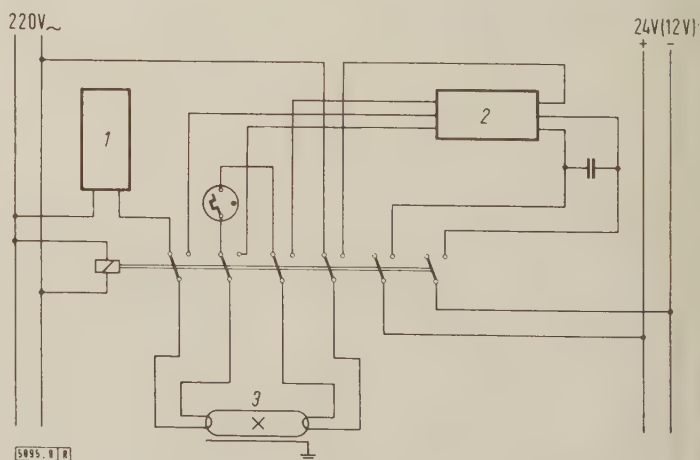


Bild 8. Schaltbeispiel für eine Notstrombeleuchtung. Die Leuchtstofflampe wird bei Netzausfall (220-V-Netz) automatisch auf das Transistor-Vorschaltgerät umgeschaltet.

- 1 220-V-Vorschaltgerät; 2 Transistor-Vorschaltgerät; 3 Lampe.





Bild 9. Beleuchtung eines Speisewagens der Deutschen Schlafwagen-Gesellschaft mit Leuchtstofflampen in Acrylglas-Wannenleuchten.

gesellschaft „Wagon Lits“ wurde mit TL-M-Direktstart-Leuchtstofflampen 40 W mit der Lichtfarbe „Weiß de Luxe“ beleuchtet. Die Leuchtstofflampen wurden mit Acrylglas-



Bild 10. Direkt an der Decke eines Speisewagens der Internationalen Eisenbahn-Gesellschaft „Wagon Lits“ wurden in zwei Reihen parallel zur Blickrichtung TL-M-Direktstart-Leuchtstofflampen 40 W montiert.

Wannen abgedeckt und in zwei Reihen parallel zur Blickrichtung der Fahrgäste unmittelbar an der Decke montiert. In den Nebenräumen des Speisewagens (Küche, Vorratsraum) wurden außerdem noch drei Leuchtstofflampen TL-M 40 W und zwei TL-M 20 W installiert. Zum Betrieb der TL-M-Leuchtstofflampen dienen auch hier wieder Transistor-Vorschaltgeräte VTS für eine Gleichspannung von 24 V. Die mit den Leuchtstofflampen erzielte mittlere Beleuchtungsstärke von 180 lx gewährleistet eine helle und freundliche Atmosphäre im Speisewagen.

Die Beleuchtung eines MAN-Autobusses mit TL-M-Direktstart-Leuchtstofflampen stellt Bild 11 dar. Insgesamt wurden sechs Acrylglas-Einbauleuchten WEF für je eine TL-M-Leuchtstofflampe 20 W in die Decke des Fahrzeuges eingebaut. Die sehr flache Einbauleuchte ist besonders für die Beleuchtung von niedrigen Fahrzeugen geeignet (Bild 12). Die Leuchten sind voll verdrahtet und mit einem Transistor-Vorschaltgerät ausgerüstet, so daß sie unmittelbar an die Stromversorgung des Busses (12 oder 24 V Gleichspannung) angeschlossen werden können. Die mittlere Beleuchtungsstärke im Bus liegt bei etwa 120 lx.

Bei der Beleuchtung von Autobussen muß darauf geachtet werden, daß sich die an der Decke befindlichen Leuch-

ten nicht in der Windschutzscheibe spiegeln. Diese störende Spiegelung kann man z. B. durch eine Teilung und Neigung der Windschutzscheibe vermeiden.

Besonders bei der Innenbeleuchtung von Flugzeugen kommt es darauf an, daß die Stromversorgungsanlage wirtschaftlich arbeitet und leicht ist. Diesen Bedingungen kommen die TL-Leuchtstofflampen mit Transistor-Vorschaltgeräten entgegen. Flugzeuge vom Typ „Caravelle“ sind mit zwei durchgehenden Lichtbändern ausgerüstet. Die Lichtbänder sind bestückt mit TL-M-Direktstart-Leuchtstofflampen der Lichtfarbe „Weiß de Luxe“. Nach unten sind die Leuchtstofflampen mit Acrylglaswannen abgedeckt. Um eine genügende Beleuchtungsstärke zu erhalten, werden insgesamt 40 TL-M-Leuchtstofflampen 40 W und 22 TL-M-Leuchtstofflampen 20 W benötigt.

### Zusammenfassung

Im zunehmendem Maße werden Leuchtstofflampen für die Beleuchtung von Fahrzeugen jeglicher Art verwendet. Der Betrieb von Leuchtstofflampen aus Niederspannungsbordnetzen (12 bis 24 V) macht die Verwendung von Umformern nötig zum Erzeugen von Wechselstrom ausreichender Spannung und Frequenz. Die Entwicklung der Leistungstransistoren in den letzten Jahren machte es möglich, Umformer zu bauen, die keiner mechanischen Abnutzung unterliegen und daher völlig wartungsfrei arbeiten. Die Transistor-Vorschaltgeräte ermöglichen den Betrieb von Leucht-

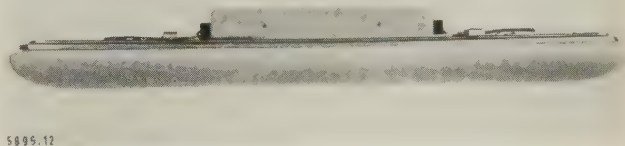


Bild 11. Beleuchtung eines MAN-Autobusses mit TL-M-Direktstart-Leuchtstofflampen.

stofflampen unmittelbar aus 12-V- und 24-V-Netzen. Die Transistor-Vorschaltgeräte formen die Gleichspannung auf eine Wechselspannung von 7 bis 9 kHz um. Die Geräte sind sehr leicht, klein und arbeiten mit einem hohen Wirkungsgrad.

### Schrifttum

- [1] ten Dam, L. P. M., u. Kolkman, D.: Beleuchtung von Zügen und anderen Verkehrsmitteln mit TL-Leuchtstofflampen. Philips Techn. Rdsch. Bd. 18 (1956/1957) S. 21–28.
- [2] Hehenkamp, Th., u. Wiltling, J. J.: Transistorumformer zur Speisung von Leuchtstofflampen. Philips Techn. Rdsch. Bd. 20 (1958/1959) S. 352 bis 356.



5895.12

Bild 12. Seitenansicht der sehr flachen Einbauleuchte WEF für eine Leuchtstofflampe 20 W. Die Leuchte ist mit einem Transistor-Vorschaltgerät ausgerüstet und kann unmittelbar an 12 oder 24 V Gleichspannung angeschlossen werden.



# Blendungsfreie Straßenbeleuchtung

Von Richard Schleiss, Hameln\*)

DK 628.971.6.041.7

## Ansprüche an die Straßenbeleuchtung

Die Bedeutung der Straßenbeleuchtung in der heutigen Zeit des sprunghaften Verkehrsanstiegs wurde bisher schon ausreichend begründet und mit umfangreichen Unfallstatistiken belegt. Deshalb zweifelt heute kaum jemand an der Notwendigkeit einer guten Straßenbeleuchtung, besonders dort, wo es gilt, die Straßenkapazität in den Nachtstunden zu erhöhen und die Verkehrssicherheit zu vergrößern.

Die große Verkehrsdichte und die mitunter hohen Fahrgeschwindigkeiten steigern naturgemäß die Verantwortlichkeit der Ersteller von Beleuchtungsanlagen und es ist unumgänglich, eine zu errichtende Anlage eingehend fachmännisch zu planen; dies gilt in besonderem Maße für Großbauwerke wie Hochstraßen, Stadtautobahnen, Überführungen von Schnellstraßen mit ihren Kreuzungen, Zu- und Abfahrten und den Fahrbahnen in verschiedenen Ebenen.

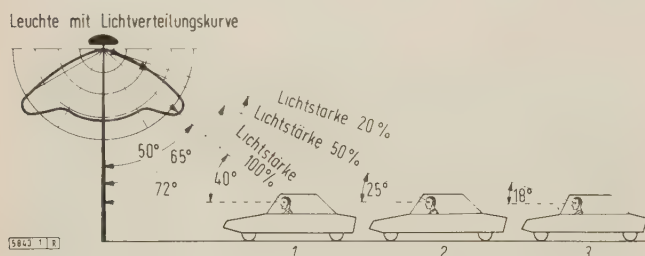


Bild 1. Blendverhältnisse bei der Straßenbeleuchtung.

- 1 Lichtstrahl bereits abgeschirmt
- 2 Grenzwinkel, Lichtstrahl gerade noch nicht abgeschirmt
- 3 Lichtstrahl frei sichtbar

Für die Güte einer Beleuchtung sind verschiedene Faktoren ausschlaggebend. Neben einer ausreichenden Beleuchtungsstärke und einer guten Gleichmäßigkeit der Beleuchtung ist die Vermeidung von Blendung von großer Wichtigkeit. Die Blendungsfreiheit sieht man heute als entscheidendes Merkmal einer guten Straßenbeleuchtung an. Diese Ansicht wird im europäischen Kontinent bereits überall vertreten und es scheint, daß sie in neuester Zeit auch in Amerika durchdringt, wo bisher das anglo-amerikanische non-cut-off-system (nicht abgeschirmte Lampen) üblich war. Dieses Beleuchtungsverfahren weist eine starke Blendwirkung auf; es stammt offenbar aus den Anfängen der Straßenbeleuchtung, wo man bei großen Leuchtenabständen eine möglichst flach verlaufende Ausstrahlung zuließ, ja sogar anstrebte. Die inzwischen erheblich gestiegenen Anforderungen an die Beleuchtung lassen aber ein solches Verfahren heute nicht mehr zu.

## Wann tritt Blendung auf?

Die Faktoren, die eine Blendung beim Menschen verursachen, konnten bisher nicht eindeutig und in ihrer Gesamtheit erfaßt werden. Zudem erschweren die individuell sehr verschiedenen Auswirkungen der Blendung auf den Menschen eine exakte Erforschung auf diesem Gebiet. Es wird aber als allgemein gültig angenommen, daß die Blendung mit der Leuchtdichte der Lichtquelle wächst, wenn die sichtbare Fläche und die Lage der Leuchte in bezug auf die Blickrichtung gleich bleiben. Die Leuchtdichte aber ist unter eben diesen Voraussetzungen proportional der von der

Lichtquelle in Blickrichtung ausgestrahlten Lichtstärke, deren Größe in den bekannten polaren Lichtverteilungskurven der Leuchten für einen beliebigen Ausstrahlungswinkel abgelesen werden kann. Es gilt also, zum Vermeiden von Blendung, die Lichtstärke einer Leuchte in Ausstrahlungsrichtungen, die den möglichen Blickrichtungen des Beobachters oder Kraftfahrers entsprechen, möglichst klein zu halten.

Zur Veranschaulichung der Verhältnisse möge Bild 1 dienen. Der Blick eines Kraftfahrers ist ungefähr waagrecht gerichtet. Sein Blickfeld wird aber nach oben durch das Dach oder den oberen Rahmen der Windschutzscheibe begrenzt. Dieser Grenzwinkel beträgt, von der Waagerechten nach oben gemessen, für mittelgroße Kraftfahrer in normaler Körperhaltung beispielsweise bei Personenwagen je nach Autotyp zwischen 15° und 28°. Er liegt bei Lastkraftwagen etwas tiefer. Für unsere Betrachtung sei ein mittlerer Grenzwinkel von 25° angenommen. Da bei den polaren Lichtverteilungskurven die Ausstrahlungswinkel von der Senkrechten als 0°-Linie ausgezählt werden, entspricht dies einem Grenzwinkel von 65°.

In Bild 1 ist ein Kraftwagen in drei verschiedenen Abständen von einer Leuchte dargestellt. Die aufgezeichnete Lichtverteilungskurve der Leuchte entspricht den Forderungen nach Blendungsfreiheit. Der Kraftfahrer sieht, je nach dem beim Fahren erreichten Abstand, die Leuchten unter jeweils verschiedenen Blickwinkeln. Die Darstellung zeigt, daß bei einem Ausstrahlungswinkel von über 65° die Lichtstärke so klein ist, daß eine Blendung durch die frei sichtbare Leuchte vermieden wird (Fall 3). Ausstrahlungen im Bereich unter 65° dagegen nimmt der Kraftfahrer nicht wahr, denn sie werden durch das Wagendach abgeschirmt (Fall 1). In diesem Bereich kann also die Lichtstärke groß sein, ohne Störungen durch direkte Blendung zu verursachen. Es wird angestrebt, den Höchstwert der Ausstrahlung möglichst nahe an den Grenzwinkel heranzubringen, weil dann infolge der breiten Ausstrahlung die Lichtpunktabstände vergrößert werden können, ohne die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung zu verschlechtern.

Das Problem ist nicht auf einfache Weise zu lösen, denn je mehr eine Leuchte im oberen Ausstrahlungsbereich abgedeckt werden soll, desto tiefer strahlend wird die Lichtverteilung. Eine solche Leuchte erfordert aber geringere Mastabstände.

## Kreuzoptikleuchten und ihre Anwendung

Eine Lösung des Problems wurde durch die Konstruktion der Kreuzoptikleuchte verwirklicht. Es handelt sich hierbei um eine Mastansatzleuchte für 2 Leuchtstofflampen mit

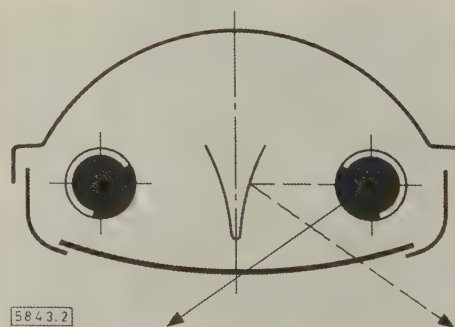


Bild 2. Aufbau und Strahlengang der Kreuzoptikleuchte für zwei Leuchtstofflampen mit Reflexschicht zu je 65°.

\*) Dipl.-Ing. R. Schleiss ist Mitarbeiter der AEG-Fabrik Hameln.



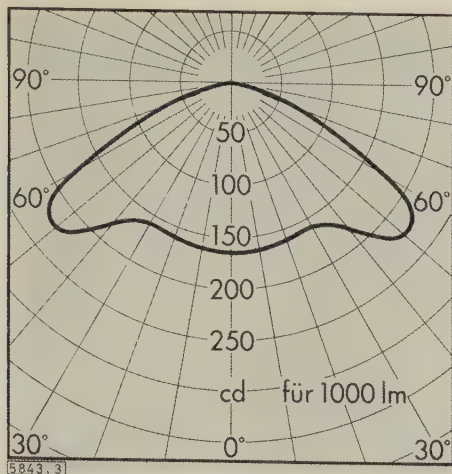


Bild 3. Lichtverteilungskurve der Kreuzoptikleuchte für zwei Leuchtstofflampen zu je 65 W.

Reflexschicht von je 40 W oder 65 W Leistungsaufnahme. Die Reflexschichtlampen werden derart montiert, daß ihre Hauptausstrahlung schräg nach unten gerichtet ist, wobei etwa die Hälfte auf einen V-förmigen Aluminiumspiegel fällt, der das Licht in entgegengesetzter Richtung ebenfalls schräg nach unten reflektiert. Die Strahlengänge einer jeden Lampe werden also durch das System gekreuzt, was der Leuchte den Namen gab. Auf Bild 2 ist der Aufbau der Leuchte im Querschnitt dargestellt, in Bild 3 die hiermit



Bild 4. Beleuchtung einer Ausfallstraße mit Kreuzoptikleuchten für zwei Leuchtstofflampen zu je 65 W.

erzielte Lichtverteilungskurve. Diese zeigt, daß die Ausstrahlung in den oberen Winkelbereichen stark zurückgeht, ja daß sie ziemlich schnell auf Null fällt. Das Lichtstärke-Maximum dagegen ist bei etwa 55° stark ausgeprägt. Es liegt damit unterhalb des Grenzwinkels von 65°. Bei diesem Winkel ist die Lichtstärke bereits stark abgeklungen; trotzdem wird noch eine gute Breitstrahlung erzielt. Hiermit wurde die Forderung erreicht, eine blendungsarme und dennoch breitstrahlende Leuchte zu schaffen, die damit, und dank ihres guten Wirkungsgrads, auch den wirtschaftlichen Belangen gerecht wird. Mit blendungsfreien Leuchten dieser Art wurden bereits eine Vielzahl von Straßenbeleuchtungsanlagen erstellt.

Bild 4 zeigt die Beleuchtung einer Ausfallstraße mit Kreuzoptikleuchten mit je 2 Reflexschichtlampen von 65 W. Die Lichtmaste sind hier zweiseitig gegenüberstehend in 32 m Abstand angeordnet. Die Lichtpunkthöhe beträgt 9,5 m. Mit dieser Anlage wurde im Neuzustand eine mittlere Beleuchtungsstärke von 11 lx erreicht. Die Gleichmäßigkeiten sind  $g_1 = 1:1,8$ ;  $g_2 = 1:2,6$ .

Die Anwendung der Kreuzoptikleuchten beschränkt sich indessen nicht auf die öffentliche Straßenbeleuchtung. Die Leuchte wird gleichermaßen für Fabrikhöfe und Werkstraßen verwendet, denn auch hier muß man blendungsfreie Beleuchtung verlangen.

Die Kreuzoptikleuchten werden auch zum Beleuchten der Vorplätze von Autobahn-Raststätten herangezogen, wo wegen der hohen Fahrgeschwindigkeiten auf der benachbarten unbeleuchteten Autobahn eine besonders gute Blendungsfreiheit gefordert werden muß. Eine derart beleuchtete Autobahn-Raststätte ist auf Bild 5 zu sehen. Die Leuchten wurden hier waagrecht angeordnet, um jegliche Blendung auch in Kurven und Einmündungen auszuschließen.

Für Straßen mit höheren Beleuchtungsstärken wurde, neben der zweilampigen Kreuzoptikleuchte, eine größere Ausführung entwickelt, die mit 4 Reflexschichtlampen von 65 W bestückt werden kann. Ihr optisches System ist ähnlich aufgebaut wie das der zweilampigen Leuchte und ihre Lichtverteilungskurve entspricht ebenfalls den Forderungen nach Blendungsfreiheit (Bild 6 und 7). Dabei lassen sich Beleuchtungsstärken bis 20 lx verwirklichen, die übrigens im neuen Entwurf des DIN-Blattes 5044 (Beiblatt) „Erläuterungen zur Straßenbeleuchtung“ für Schnellstraßen gefordert werden.

Auf der in Bild 8 dargestellten modernen Hochstraße in Ludwigshafen sind die Hauptfahrbahnen mit vierlampigen Kreuzoptikleuchten beleuchtet. Bild 9 zeigt einen Ausschnitt dieser Anlage am Tage; hier wurden auf den Strecken mit zwei entgegengesetzten Fahrbahnen Doppelausleger auf den Mittelstreifen in 30 m Abstand aufgestellt.



Bild 5. Beleuchtung einer Autobahn-Raststätte mit Kreuzoptikleuchten für zwei Leuchtstofflampen zu je 65 W. Neigung der Leuchten 0°.

Die Lichtpunkthöhe beträgt 9,5 m. Es wurde eine mittlere Beleuchtungsstärke von 21 lx (Neuwert) erreicht. Die Gleichmäßigkeiten sind hier  $g_1 = 1:2,2$ ;  $g_2 = 1:4,2$ .

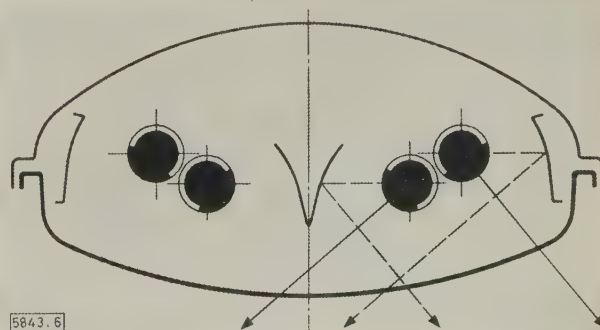


Bild 6. Aufbau und Strahlengang der Kreuzoptikleuchte für vier Leuchtstofflampen mit Reflexschicht zu je 65 W.



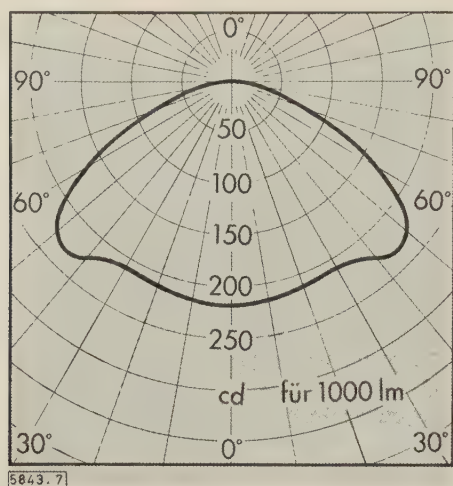


Bild 7. Lichtverteilungskurve der Kreuzoptikleuchte für vier Leuchtstofflampen zu je 65 W.



Bild 8. Beleuchtung der Hochstraße in Ludwigshafen. Die Hauptfahrbahnen sind mit Kreuzoptikleuchten für vier Leuchtstofflampen zu je 65 W beleuchtet. (Werkbild Osram)

#### Leuchtstofflampe und Quecksilberdampflampe

Von den verschiedenen zur Verfügung stehenden Lichtquellen sind für den Bau von blendungsfreien Leuchten besonders die Leuchtstofflampen gut geeignet, weil die Leuchtdichte bei diesen Lampen viel geringer ist als bei allen anderen Lampenarten. Sie ermöglichen zudem die Verwirklichung von Lichtverteilungen mit ausgeprägten Maxima und steilen Flanken.

Der Lichtstrom der normalen Leuchtstofflampe reichte bisher nicht aus, um höhere Beleuchtungsstärken als rd. 20 lx auf Straßen zu erzielen; ihre Entwicklung zur Hochleistungslampe hat aber in letzter Zeit eine beachtliche Erhöhung der Lichtleistung gebracht.

Eine andere für die Straßenbeleuchtung wichtige Lichtquelle ist die durch Leuchtstoff farbverbesserte Quecksilberdampf-Hochdrucklampe, die auch in größeren Leistungsstufen hergestellt wird. Sie ist daher für Straßen und Plätze mit sehr hohem Beleuchtungsniveau besonders geeignet. Beim Bau von blendungsarmen und breitstrahlenden Leuchten mit diesen Lampen treten allerdings noch zusätzliche Schwierigkeiten, wie zum Beispiel die erhöhte Erwärmung, auf.

#### Ästhetische Gesichtspunkte

Wenn auch bei der Konstruktion von Straßenleuchten die bestmöglichen lichttechnischen Eigenschaften erzielt werden sollen, und die mechanische und wartungstechnische Ausführung für ihre Güte ebenso entscheidend ist, bedarf doch die Gestaltung der äußeren Leuchtenform eingehen-

der Überlegung. Die Architekten fordern mit Recht, daß dieser Punkt nicht vernachlässigt wird. Die Leuchten mit ihren Masten dürfen das Straßenbild nicht stören, sondern sollen sich in Gestaltung und Anordnung dem modernen Städtebild gut anpassen.

Die alte „Laterne“, bei der ein großer Teil des Lichtstroms nach oben verlorengeht und nur ein kleiner Anteil auf die Fahrbahn fällt, die außerdem auf Grund ihrer Ausstrahlungscharakteristik stark blendet, ist bei den Architekten in der neueren Form der Mastaufsatzleuchte heute immer noch beliebt. Von ihr ging die Entwicklung aus Gründen besserer Lichtausnutzung weiter zur Ansatzleuchte am Mastausleger. Hierbei kann entweder der gesamte oder doch der größte Teil des Lichtstroms nach unten gelenkt werden, und der auf die Straße fallende Anteil ist erheblich größer. Auch die an Überspannungen aufgehängten Seilleuchten erfüllen diesen Zweck in idealer Weise; sie werden aber aus ästhetischen Gründen vielfach abgelehnt. Ebenso gefallen die Ansatzleuchten mit ihren Mastauslegern vielen Architekten und Städtebauern nicht, weil die gekrümmten Mastformen nach ihrer Ansicht nicht ins Straßenbild mit seinen geraden Linien und rechteckigen Flächen passen. Aus diesem Grund wurde beispielsweise für die Beleuchtung der in Bild 9 dargestellten Hochstraße eine abgeknickte geradlinige Mastform gewählt. Durch Auslegermaste wird auch in den meisten Fällen die Straßenperspektive eingengt, wobei dann ein tunnelartiger Eindruck entsteht.

All diese Überlegungen verlangen nach einer Leuchte ohne Mastausleger, also mit den erwähnten guten licht-



Bild 9. Hochstraße in Ludwigshafen mit vierlampigen Kreuzoptikleuchten am Tage.

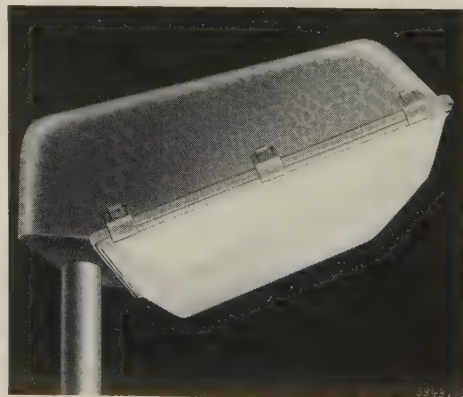


Bild 10. Mastaufsatzleuchte in Rechteckform für zwei Quecksilberdampf-Hochdrucklampen zu je 400 W.



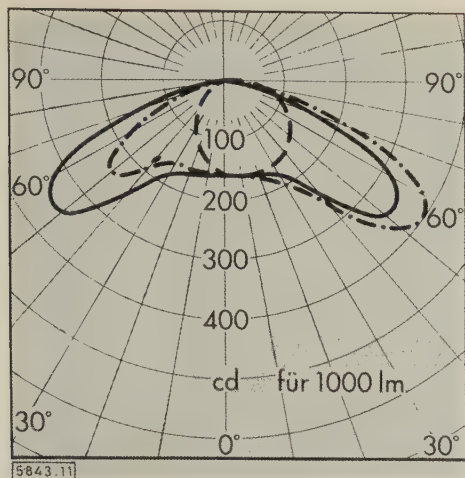


Bild 11. Lichtverteilungskurve der Mastaufsatzleuchte in Rechteckform bei paralleler Spiegeleinstellung.

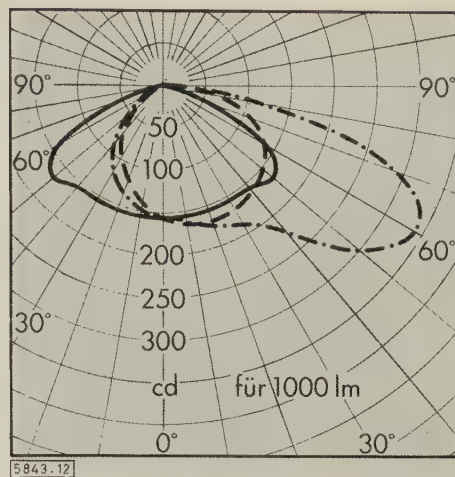


Bild 12. Lichtverteilungskurve der Mastaufsatzleuchte in Rechteckform bei gespreizter Spiegeleinstellung.



Bild 13. Beleuchtung des Bahnhofsvorplatzes in Braunschweig mit Aufsatzleuchten in Rechteckform, Anordnung von je vier Leuchten auf einem Mast.

technischen Eigenschaften einer Leuchte, die nicht blendet und sich architektonisch in das Straßenbild einfügt.

#### Eine neuartige Mastaufsatzleuchte

Auf Grund der genannten Forderungen wurde eine neue Leuchte entwickelt, bei der der Mastausleger verschwand (Bild 10). Sie vereinigt die architektonischen Vorzüge einer Mastaufsatzleuchte mit den lichttechnischen Vorteilen einer Mastansatzleuchte mit deren gutem Beleuchtungswirkungsgrad und der Möglichkeit, mit Hilfe von Spiegelreflektoren den Lichtstrom in die gewünschten Richtungen zu lenken. Sie wird mit zwei Quecksilberdampf-Hochdrucklampen bis je 700 W bestückt.

Ihre Spiegeloptik ist verstellbar und erlaubt auf diese Weise eine Anpassung an die verschiedenen Beleuchtungsbedürfnisse, so daß mehr oder weniger breite Straßen und Plätze nach Wunsch ausgeleuchtet werden können. Durch ihre rechteckige Bauform und ihre geraden Begrenzungslinien wurden auch die Wünsche der Architekten berücksichtigt. Eine solche Leuchte beweist die gute Zusammenarbeit zwischen Lichttechniker, Konstrukteur und Formgestalter.

Die Bilder 11 und 12 zeigen die Lichtverteilungskurven für die zwei Spiegel-Einstellungen. Diese neue Aufsatzleuchte ist vor allem geeignet, große repräsentative Straßen mit hoher Beleuchtungsstärke von beispielsweise 30 lx und mehr zu beleuchten.

Wegen der Bestückung mit Lampen verhältnismäßig hoher Leistung ist es allerdings angebracht, Lichtpunkthöhen zwischen 11 und 16 m zu wählen. Dafür können dann

aber, dank der großen Breitstrahlung, Mastabstände bis zu etwa 60 m ohne Unterschreitung der üblichen Gleichmäßigkeit verwirklicht werden.

Die Beleuchtung von großen Plätzen mit wenigen Masten bereitet bei Verwendung dieser Leuchte keine Schwierigkeit, denn es besteht die Möglichkeit, nach Bedarf zwei bis fünf Stück auf einen Mast zu montieren. Ubrigens kann diese rechteckförmige Aufsatzleuchte auch als Ansatzleuchte mit kurzem Ausleger verwendet werden. Diese Möglichkeit bietet eine gewisse Auflockerung der Mehrfach-Anordnung. Als Beispiel sei die in Bild 13 dargestellte Beleuchtungsanlage des Bahnhofsvorplatzes in Braunschweig gegeben.

Aus der Vielzahl der möglichen Kombinationen und der Geschmacksrichtungen, die damit befriedigt werden können, sei die in Bild 14 gezeigte Tagesansicht einer Platzbeleuchtung herausgegriffen. Hier sind mit einer Querverbindung auf einem Mast 4 Leuchten mit konischen Auslegern montiert.

#### Das Problem der Blendung durch Kraftwagen

Eine Betrachtung über die Blendungsfreiheit in der Straßenbeleuchtung wäre unvollständig, ohne das Problem der Blendung durch die Fahrzeuge zu erwähnen. Eine noch so blendungsarme Straßenbeleuchtung wird unwirksam, wenn die Verkehrsteilnehmer durch entgegenkommende Fahrzeuge geblendet werden, was bei dem heutigen starken Verkehr meist bis in die späten Nachtstunden die Regel ist.



Bild 14. Beleuchtungsanlage eines Platzes mit vier Mastaufsatzleuchten mit Ausleger auf einem Mast.



Da auch das Fahren mit Abblendlicht mit seinen unvermeidlichen Toleranzen der Scheinwerfereinstellung keine befriedigende Lösung ist, wird von seiten der Lichttechniker seit Jahren die Forderung gestellt, daß bei guter Straßenbeleuchtung das Fahren mit Standlicht zur Pflicht gemacht wird, wie es in den meisten anderen Staaten schon üblich ist. Die dagegen vorgebrachten Einwände scheinen unbegründet, wie es der reibungslose Abendverkehr in den Städten unserer westlichen Nachbarländer zeigt. Im starken Pariser Stadt- und Vorortverkehr ist das Fahren mit Standlicht auch bei mangelhafter und schlechter Beleuchtung eine Selbstverständlichkeit. Diese Gewohnheit geht dort sogar so weit, daß beispielsweise die Fernfahrer auch auf unbeleuchteten Überlandstraßen bis tief in die Nachtdämmerung mit Standlicht fahren, und man empfindet diese vielleicht etwas übertriebene Rücksicht als sehr angenehm im Vergleich zu unseren Verhältnissen.

Der Übergang vom Abblendlicht zum Standlicht im Stadtverkehr bei uns würde allerdings eine Umstellung aller

Verkehrsteilnehmer einschließlich der Fußgänger erfordern. Sie wird aber möglich sein und durch den Erfolg gerechtfertigt werden. Eine auf Abblendlicht eingestellte Lichtlupe könnte übrigens dann bei wirklich auftretenden Gefahren ein wirksames und trotzdem ungefährliches und lautloses Warnsignal sein.

### Zusammenfassung

Ausgehend von der Forderung nach Blendungsfreiheit in der Straßenbeleuchtung werden die Voraussetzungen erläutert, die an blendungsarme Straßenleuchten zu stellen sind. Als solche Leuchten werden zwei- und vierlampige Kreuzoptikleuchten erwähnt und ausgeführte Anlagen beschrieben. Unter Berücksichtigung auch der ästhetischen Anforderungen an die Straßenbeleuchtung wird auf eine neuartige Mastaufsatzleuchte eingegangen und Beispiele für ihre Anwendung gezeigt. Auf die Notwendigkeit, bei beleuchteten Straßen mit Standlicht zu fahren, wird hingewiesen.

## Glühlampen für Bildprojektoren

Von Günter Spitzing, Hamburg\*)

DK 621.326.73

### Über die Lichtfarbe von Temperaturstrahlern

Untersucht man die Lichtabstrahlung eines Temperaturstrahlers, wie ihn z. B. die Glühlampe darstellt, mit einem Spektroskop, so zeigt sich, daß das Spektrum kontinuierlich verläuft, d. h. daß alle Wellenlängen und somit alle Farben des sichtbaren Lichtes darin enthalten sind. Allerdings können unterschiedliche Wellenbereiche verschieden stark strahlen. Dadurch wechselt der gesamte Farbeindruck der Strahlung zwischen dunkelrot und gelb. Diese Farbe hängt von der Temperatur des strahlenden Körpers ab. Je höher sie ist, desto weißlicher erscheint sein Licht.

Das zum Herstellen von Lampen-Glühdrähten verwendbare Metall, das den höchsten Schmelzpunkt hat, ist Wolfram. Doch auch sein Schmelzpunkt, der bei 3350 °C liegt, ist noch so niedrig, daß Wolfram nur bis zu einer Temperatur erhitzt werden kann, die ein gelborangefarbenes Licht ergibt. Das hat z. B. für die Farbphotographie zur Folge, daß ein besonderer an das Kunstlicht angepaßter Filmtyp geschaffen werden mußte. Weiterhin mußte die Farbigkeit der fertigen Diapositive, gleichgültig, ob sie einem Tageslicht- oder Kunstlichtfarbfilm entstammen, an den Glühlampencharakter der Projektionslichtquellen angepaßt werden. Für die Photoaufnahme versucht man zwar bisweilen, Lampen durch eine Blaufärbung der Kolbenglasmasse annähernd auf die Farbtemperatur des Tageslichtes zu bringen. Jedoch werden durch dieses Filterverfahren über 50 % des Lichtes absorbiert, weswegen diese Praxis viel zu unwirtschaftlich ist.

### Bemessung der Glühwendel

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß es zweckmäßig ist, die Farbtemperatur möglichst hoch zu wählen. Nun hängen aber die Lebensdauer der Lampe, die Farbtemperatur und

der Lichtstrom voneinander ab. Diese Eigenschaften wiederum sind abhängig von bestimmten Eigenschaften der Wendel, vor allem von dem Drahtdurchmesser und von ihrer Länge. Sie bestimmen nämlich die Stromaufnahme der Lampe und die Betriebsspannung. Je größer die Stromaufnahme, desto dicker muß wiederum der Querschnitt des Drahtes werden. Da aber Lampen gleicher Leistung im Niederspannungsbereich eine höhere Stromaufnahme als Netzspannungslampen haben, ergibt sich, daß auch ihr Wendel- und Drahtquerschnitt entsprechend größer sind.

### Über die Lebensdauer von Glühlampen

Um überhaupt eine Norm für die Bestimmung der Wendellänge und des Drahtquerschnittes bei Lampen, die für eine bestimmte Leistung und Spannung ausgelegt werden sollen, zu erhalten, versucht man die günstigste Beziehung zwischen Lebensdauer, Lichtstrom und Farbtemperatur zu gewinnen. Je größer die Stromaufnahme bei unveränderten Abmessungen der Glühwendel ist, desto heller strahlt die Lampe, desto höher wird ihre Farbtemperatur, desto kleiner ist aber auch ihre mittlere Lebensdauer. Man kann als Faustregel annehmen, daß eine Steigerung des Lichtstromes um 11 % die Lebensdauer um 50 % verkürzt (Bild 1). Mit Zunahme der spezifischen Stromaufnahme erhöht sich auch die Lichtausbeute, d. h., der Lichtstrom je Leistungsaufnahme (lm/W) wird höher. Allgebrauchs-Glühlampen sind auf eine mittlere Lebensdauer von etwa 1000 Stunden ausgelegt.

Im Laufe der Betriebszeit verringert sich der Drahtquerschnitt durch Verdampfung des Wolframs. Dadurch sinkt die Stromaufnahme und damit der Lichtstrom. In manchen Projektoren gestattet deshalb ein Regeltransformator die Spannung zu erhöhen und mit einem Amperemeter als Kontrollgerät kann man den Strom konstant halten. Die Lampe

\*) G. Spitzing ist Mitarbeiter der Deutschen Philips GmbH.



strahlt dann während ihrer Lebensdauer einen annähernd gleichbleibenden Lichtstrom ab.

Nun werden aber die Projektionslampen in der Regel so entworfen, daß sie, gemessen an den Verhältnissen bei der Allgebrauchslampe, eine kurze Lebensdauer haben. Dadurch erreicht man eine höhere Lichtausbeute und bessere Farbtemperatur. So verfährt man z. B. bei Photo-Aufnahmelampen, die im Extremfalle nur 3 h brennen, aber einen sehr großen Lichtstrom und eine hohe Farbtemperatur haben. Auch Projektionslampen sollen einen möglichst großen Lichtstrom abgeben. Gerade für die Bildprojektion ist zudem eine hohe Farbtemperatur erwünscht, weil dadurch das Projektionsbild an Brillanz gewinnt.

Aus diesem Grund haben Lichtwurf Lampen für Bühne, Film und Fernsehen, je nach Typ, eine mittlere Lebensdauer, die zwischen 100 und 500 h liegt. Sind die Lampen besonders für Farbphoto- und Farbfilmaufnahme vorgesehen, so liegt ihre Lebensdauer meist bei rd. 100 h, in einigen Fällen auch etwas darunter.

Schmalfilmlampen baut man mit einer mittleren Lebensdauer zwischen 25 und 50 h. Das ist bedingt durch die hohe Leuchtdichte und Farbtemperatur.

### Temperaturprobleme

Der Glaskolben einer Lampe hat u. a. die Aufgabe, Sauerstoff von der Wendel fernzuhalten, da bei der hohen Betriebstemperatur das Wolframmetall an der Luft sofort verbrennen würde. Allgemein füllt man aber die Lampen mit einem Gas, das mit dem Metall der Wendel keine chemische Verbindung eingeht, z. B. mit Stickstoff. Am häufigsten wird Argon verwendet. Um die Wolframverdampfung möglichst zu verringern, hält man den Gasdruck verhältnismäßig hoch. Man hat dann die Möglichkeit, entweder die Lebensdauer oder, durch höhere spezifische Belastung der Wendel, die Lichtausbeute der Lampen zu steigern. Eine Erhöhung des Gasdruckes hat aber ihre Grenzen, die durch die Fertigungsverfahren und den Preis bedingt

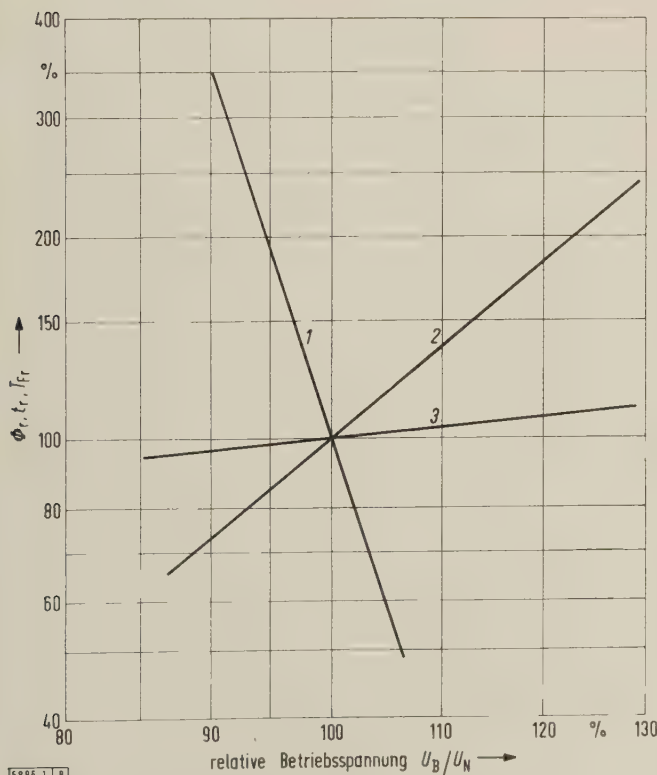


Bild 1. Abhängigkeit der Lebensdauer 1, des Lichtstromes 2 und der Farbtemperatur 3 von der Abweichung der Betriebsspannung.

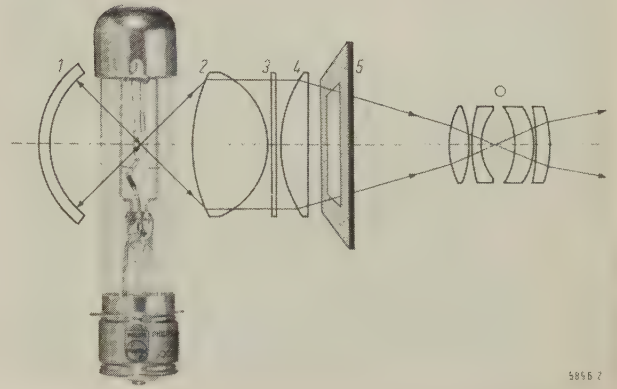


Bild 2. Strahlengang bei einer röhrenförmigen Projektionslampe.

- |                |                     |
|----------------|---------------------|
| 1 Spiegel      | 3 Wärmeschutzfilter |
| 2, 4 Kondensor | 5 Bildfenster       |

sind. Um Sauerstoff und andere Gasreste in dem Glaskolben zu binden, bringt man in die Lampe ein sogenanntes Getter ein.

Die Wolframdämpfe machen sich als schwarzer Niederschlag im Inneren des Lampenkolbens bemerkbar, der einen Teil der Lichtausstrahlung absorbiert. Der Wolframniederschlag setzt sich vorwiegend an den höchsten Stellen des Glaskolbens fest. Da das Licht bei Bildwurf Lampen fast immer waagerecht abgenommen wird, macht sich bei ihnen eine Lichtminderung durch Schwärzung weniger bemerkbar.

Schwierigkeiten können aber auch durch die aufsteigende Wärme entstehen. Besonders gilt das für Bildprojektionslampen hoher Leistung mit kleinen Kolben. Zunächst verwendet man zum Bau dieser Lampen ein besonders temperaturbeständiges Glas. Außerdem haben sie noch über der Wendel einen Metallaufbau, der einen Teil der aufsteigenden Wärme ableitet und dafür sorgt, daß die Kuppe des Kolbens nicht zu heiß wird. Bei Lampen hängender Brennlagelage befindet sich dieser Metallaufbau zwischen Wendel und Sockel. Deshalb dürfen die röhrenförmigen Bildwurf Lampen nur in einer bestimmten engbegrenzten Brennlagelage verwendet werden, von der nur um etwa  $15^\circ$  axialsymmetrisch abgewichen werden darf. Ein derartiges Gerät darf also bei brennender Lampe keinesfalls gekippt werden, z. B. um Bilder an die Decke zu projizieren. Soll das geschehen, dann muß vor der Projektionsoptik ein Spiegel angebracht und das Diapositiv seitenverkehrt eingelegt werden. Projektionslampen für Bühne, Film und Fernseh-Aufnahme, die für Leistungsaufnahmen bis zu 20 kW hergestellt werden, haben ebenfalls jeweils einen bestimmten Schwenkbereich. Auf diese Eigenschaften muß geachtet werden, wenn man Sonderlampen z. B. als Ober- oder Rampenlicht verwenden will.

### Die Lampe im Bildwurfsystem

An Bildwurfgeräte und an die dafür bestimmten Sonderlampen werden besonders hohe Anforderungen gestellt, da die Aufgabe besteht, die Bildfläche gleichmäßig auszuleuchten. Grundsätzlich werden zwei unterschiedliche Projektionssysteme angewendet.

Bei dem verbreitetsten älteren System werden die in Projektions-Gegenrichtung abgestrahlten Lichtstrahlen von einem sphärischen Rückspiegel 1 (Bild 2) wieder in Richtung zum Wendelfeld reflektiert. Genau genommen, wird das Spiegelbild in die Wendel zwischenräume zurückgeworfen (Bild 3), damit das Filament nicht sein eigenes Spiegelbild abschattet. Mit einer Lupe vor dem Projektionsobjektiv, einer in die Bildführung eingelegten Lochblende oder aber mit Hilfe des herausgezogenen Projektions-



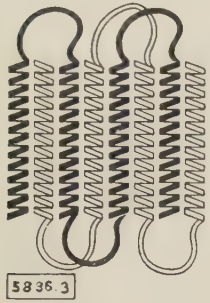


Bild 3. Gut eingestellte Lampenwendel. Das Spiegelbild fällt genau in die Wendel-Zwischenräume.

objektives selbst kann das Filament an der Leinwand abgebildet werden und seine Justierung, d. h. die richtige Zuordnung von Abbild der Wendel und Abbild seines Spiegelbildes, kontrolliert werden.

Auch die Wendelgröße spielt eine Rolle, die besonders, wenn Doppelwendel bei Hochspannungslampen größerer Leistung notwendig werden, zu optischen Schwierigkeiten führen kann. Das vom Spiegel und von der Wendel nach vorne abgestrahlte Licht wird von einem Kondensorlinsensatz 2 und 4 aufgefangen (Bild 2). Die erste der beiden konvexen Linsen richtet die von ihr erfaßten Lichtstrahlen parallel, die zweite 4 bündelt das Licht und richtet die sich verjüngenden Strahlen auf das Bildfenster 5.

Zwischen den beiden Kondensorteilen wird meist noch ein Wärmeschutzfilter 3 eingefügt, das die Aufgabe hat, die Infrarotstrahlung im Strahlengang zu absorbieren. Diese vom Auge nicht wahrgenommene Strahlung macht sich nämlich auf dem Diapositiv unangenehm bemerkbar und kann es sogar zerstören. Da dieses Filter auch etwas sichtbares Licht im roten Bereich ausfiltert, wird die Lichtfarbe etwas kälter. Das ist besonders günstig für Netzspannungslampen verhältnismäßig niedriger Leistung, welche die günstigste Farbtemperatur von 3200 °K einer Projektions-Lichtquelle für Farbdiapositive nicht ganz erreichen.

Die Ausnutzung der Lichtquelle durch den Kondensor hängt nicht nur vom Abstand zwischen Lampe und Kondensor ab, sondern auch von der Größe der Wendel. Optimal nutzt der Kondensor nur den Punkt der Wendel aus, der unmittelbar in der optischen Achse liegt. Je weiter ein strahlender Bestandteil der Wendel davon entfernt ist, desto größer wird die Schrägstellung der von einem solchen Punkt erzeugten parallel geführten Lichtstrahlen zur optischen Achse. Dadurch wird ein Teil des Lichtes nicht mehr von der zweiten Kondensorlinse erfaßt.

Kleine Filamente, wie sie bei Niederspannungslampen vorhanden sind, ergeben daher weniger Lichtverlust durch Streulicht und damit einen höheren Nutzlichtstrom. Da Niederspannungslampen infolge ihrer dickeren Drähte bei gleicher Lebensdauer auch einer stärkeren Belastung ausgesetzt werden können, ergibt sich auch ein höherer Effektivlichtstrom, so daß sie im ganzen für die Projektion ergiebiger sind. Der Mehraufwand, der sich durch Verwendung eines Transformators oder eine Regelwiderstandes ergibt, lohnt sich also.

Außerdem wird die Wendel vom Kondensor bei Stehbildwerfern in der Projektionsoptik abgebildet. Das bedeutet, daß für große Filamente eine sehr weite Öffnung erforderlich wird, wenn das Wendelbild nicht beschnitten und damit ein Lichtverlust in Kauf genommen werden soll. Es ist aber, abgesehen von den Kosten, durchaus erstrebenswert, für die Projektion Objektive mit geringer Öffnung zu benutzen, da diese eine größere Tiefenschärfenzone des Projektionsbildes ergeben.

Wichtig ist das Problem vor allem bei kurzen Brennweiten, wie sie in der Heimprojektion benötigt werden.

Einerseits kann man den Projektor hochneigen, also die Projektionsachse verkanten, ohne daß das Projektionsbild teilweise unscharf wird, und andererseits ist bei verschiedenen Glasdicken und sogar bei springenden Diapositiven, ein Nachstellen weniger oft nötig, als wenn größere Objektivöffnungen verwendet werden.

Bei der 8-mm-Schmalfilm-Projektion mit Niederspannungslampen wird das Wendelfeld im Bildfenster abgebildet. Deshalb wurde für die 8-mm-Projektion ein neues System entwickelt. Die dafür benötigte Ellipsoid-Spiegelkondensorlampe enthält verspiegelte Hohlkörpersegmente, welche die Aufgaben von Rückspiegel und Kondensator übernehmen (Bild 4). Ein sphärisches Kugelsegment 1 reflektiert die nach vorne gerichtete Strahlung zur Wendel zurück, die in seinem Brennpunkt steht. Lediglich für die auf den Film gerichtete Strahlung bleibt ein unverspiegeltes Fenster 2 im Lampenkolben frei. Die Wendel steht aber gleichzeitig in einem der beiden Brennpunkte eines hinter ihr liegenden Ellipsoid-Spiegelreflektors 3.

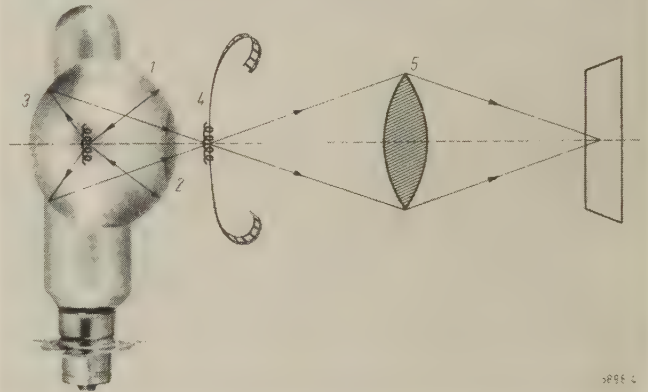


Bild 4. Strahlengang bei einer Ellipsoid-Spiegelkondensorlampe.

- |                              |              |
|------------------------------|--------------|
| 1 verspiegeltes Kugelsegment | 4 Brennpunkt |
| 2 Fenster                    | 5 Objektiv   |
| 3 Ellipsoid-Spiegelreflektor |              |

Dieser reflektiert alle auftreffende Strahlung in den zweiten Brennpunkt 4 der Ellipse, der außerhalb der Lampe vor dem Fenster liegt. Durch diesen Punkt bewegt sich der Film. Dieses elegante Verfahren, das darauf beruht, daß die von einem Brennpunkt einer Ellipse oder eines Ellipsoids ausgehenden, an deren Begrenzung reflektierten Strahlen sich im zweiten Brennpunkt der Ellipse bzw. des Ellipsoids treffen, kann neuerdings auch für die 16-mm-Projektion genutzt werden.

### Zusammenfassung

Für die Bildprojektion im Heim werden überwiegend Glühlampen verwendet, deren Aufbau den optischen Bildwurfssystemen besonders angepaßt ist. Die Lichtfarbe der Glühlampe ist rot bis gelborange je nach ihrer Aufheizung. Die Temperatur des Glühkörpers wiederum ist abhängig vom Wendelquerschnitt und von der Drahtlänge sowie von der Betriebsspannung, die auch Lichtstrom und Lebensdauer bestimmt. Da während des Betriebes der Lampe der Drahtquerschnitt durch Verdampfen des Wolframs abnimmt, sinken Lichtstrom und Farbtemperatur der Wendel, wenn sie nicht durch Spannungssteuerung ausgeglichen werden. Zwei optische Systeme werden für die Bildprojektion benötigt. Eine neue Lampe für die 8-mm-Schmalfilmprojektion enthält sowohl Hohlspiegel als auch Kondensorlinse.



# Infrarot-Hellstrahlung

Von Hans-Joachim Witzig, Berlin\*)

DK 621.326.79 : 621.365.46

Ein noch längst nicht ausgeschöpftes und in seinen vielseitigen Möglichkeiten keineswegs überall bekanntes Gebiet ist das der Infrarottechnik. Nur ein Teilgebiet davon ist der Allgemeinheit geläufig. Meist stellt man sich unter einem Infrarotstrahler ein dunkelrot strahlendes Heizelement vor, das Wärme an die Umgebung abgibt. Dabei ist jeder Kachelofen ein Infrarotstrahler, denn auch er sendet im Infrarotbereich Energie in Form elektromagnetischer Wellen aus.

## Infrarot-Hell- und Infrarot-Dunkelstrahler

Das Gebiet der Infrarotstrahlung ist weitaus umfangreicher als der Außenstehende annimmt. Es ist ein Teil des elektromagnetischen Spektrums und liegt zwischen dem Spektralbereich des Lichts ( $\lambda = 0,4$  bis  $0,8 \mu\text{m}$ ) und dem der Mikrowellen ( $\lambda = 1$  bis  $10 \text{ mm}$ ), die ihrerseits an die Fernseh- und Rundfunkwellen grenzen. Für die technische Nutzung ist jedoch zur Zeit nur das Teilgebiet zwischen  $\lambda = 0,8 \mu\text{m}$  und etwa  $10 \mu\text{m}$  wichtig. Diesen Spektralbereich unterteilt man in das kurzwellige Infrarot von etwa  $\lambda = 0,8 \mu\text{m}$  bis  $1,4 \mu\text{m}$ , das mittelwellige Infrarot von  $1,4 \mu\text{m}$  bis  $3 \mu\text{m}$  und das langwellige Infrarot oberhalb  $3 \mu\text{m}$ . Dementsprechend müssen wir auch bei den technischen Infrarotstrahlern zwischen Infrarot-Hellstrahlern (kurz- und mittelwelliges Infrarot) und Infrarot-Dunkelstrahlern (langwelliges Infrarot) unterscheiden, deren physikalische Eigenschaften und Strahlungswirkungen sehr verschieden sind.

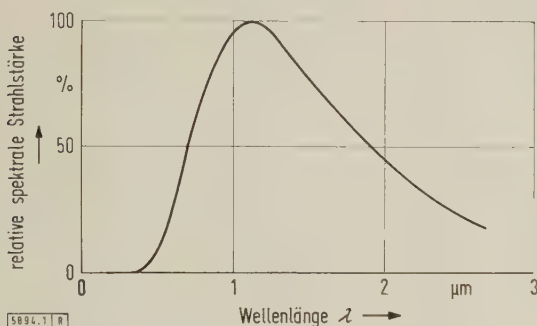


Bild 1. Relative spektrale Strahlstärkeverteilung eines Infrarot-Hellstrahlers mit einer (wahren) Temperatur von etwa 2400 °K.

Ein Infrarot-Hellstrahler ist ein Temperaturstrahler, der mit einer (wahren) Temperatur zwischen 2400 °K und 2800 °K strahlt. Damit liegt aus physikalischen Gründen (Wiensches Strahlungsgesetz) sein Strahlungsspektrum zwischen  $\lambda = 1,0 \mu\text{m}$  und  $1,2 \mu\text{m}$ . Sein Strahlungsspektrum reicht mit seinem kurzwelligen Bereich in das benachbarte, sichtbare Spektralgebiet, doch beträgt der sichtbare Anteil (Licht) des Strahlungsflusses, der diesem Infrarotstrahler den Namen gegeben hat, nur wenige Prozent der Gesamtstrahlung. Jenseits des Höchstwertes fällt das Strahlungsspektrum nach größeren Wellenlängen hin wieder ab und hat bei  $\lambda = 3 \mu\text{m}$  schon keine 10 % des Höchstwertes mehr (Bild 1).

Die Strahlungsquelle des Infrarot-Hellstrahlers ist eine Wolframdraht-Glühwendel, die in dem gasgefüllten Raum eines pilz- oder röhrenförmigen Kolbens aus Spezial- oder Quarzglas betrieben wird.

Im Gegensatz hierzu wird der Heizkörper eines Infrarot-Dunkelstrahlers mit einer Temperatur zwischen 500 und 1300 °K betrieben und strahlt unsichtbar oder mit Dunkelrotglut im langwelligen Infrarotbereich (Bild 2). Sein Strahlungsspektrum kann zwischen  $\lambda = 3 \mu\text{m}$  und  $5 \mu\text{m}$  liegen. Sein Heizkörper liegt frei an der Luft, ist von kera-

mischen Werkstoffen umgeben oder (und) in Metallhüllen eingebaut. Infrarot-Dunkelstrahler sind beispielsweise Quarzrohrstrahler mit eingebettetem oder außen aufgewickelter Heizdraht, Metallrohrstrahler, keramische Strahler, gasbeheizte Flächenstrahler sowie alle Brennstoff-Öfen.

## Physikalische Grundlagen der Wärmeübertragung

Die Wärmeübertragung durch Infrarotstrahlung besteht in der Aussendung von Energie in Form elektromagnetischer Wellen von bestimmter Wellenlänge durch einen Körper (Emission), und zwar mit um so größerer Energie, je höher die Temperatur des Körpers ist, und in der Aufnahme und Umwandlung dieser Strahlungsenergie in Wärme in dem bestrahlten Körper (Absorption). Die aufgenommene Strahlungsenergie ist jedoch nur ein Teil der auf den Körper auftreffenden Strahlung, die von diesem teilweise absorbiert, teilweise reflektiert und (oder) teilweise durchgelassen wird. Fast alle Körper verhalten sich dabei wellenlängenabhängig (selektiv).

Nach dem Absorptionsgesetz von *Grothuss-Draper* kann nur der von einem Körper absorbierte Strahlungsanteil in diesem photochemische, biologische, photoelektrische oder wärmeerzeugende Wirkungen hervorrufen. Für das uns interessierende Infrarotgebiet bedeutet das also, daß eine wirtschaftliche Wärmeübertragung nur bei richtiger Abstimmung von Strahler und Strahlungsempfänger, sowohl hinsichtlich der spektralen Energieverteilung der Strahlung als auch des spektralen Absorptions- oder Durchlässigkeitsgrades des Strahlungsempfängers, möglich ist.

In der technischen Anwendung ergänzen sich daher die Hell- und Dunkelstrahler, d. h., es gibt Anwendungsgebiete, in denen die Vorzüge der Hellstrahler überwiegen und solche, für die Dunkelstrahler wirtschaftlicher verwendet werden, wie z. B. für die Beheizung von Wohnräumen oder Werkhallen. Da trockene Luft für die kurzwellige Infrarotstrahlung als völlig durchlässig angesehen werden kann, verwendet man für diese Aufgabe besser Dunkelstrahler, die mit einem erheblich größeren Anteil ihrer Strahlungsenergie zur Lufterwärmung beitragen.

Andererseits gibt es viele Erwärmungsaufgaben, für die sich die kurzwellige Infrarotstrahlung der Hellstrahler besonders gut eignet. So kommt es in vielen Fällen — z. B. beim Trocknen von Lacken oder bei der biologischen Bestrahlung — auf eine gute Tiefenwirkung an, also auf einen günstigen Kompromiß zwischen Absorptions- und Durchlässigkeitsvermögen eines Strahlungsempfängers. Diese

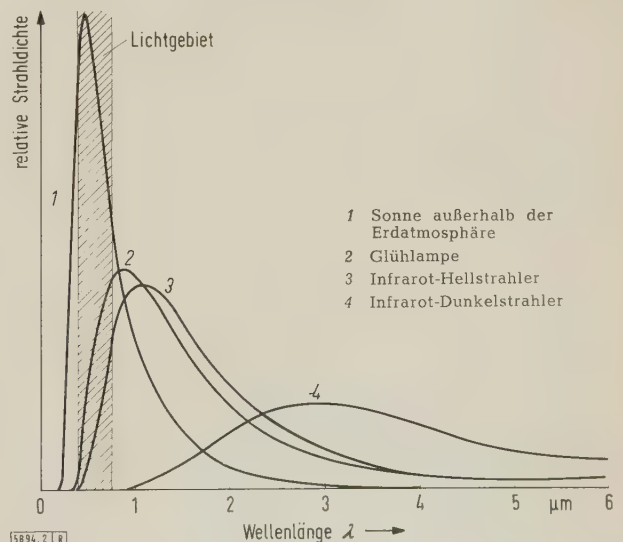


Bild 2. Spektrale Strahlungsverteilung verschiedener Temperaturstrahler.

\*) Dipl.-Ing. H.-J. Witzig ist Mitarbeiter der Osram GmbH, Berlin.



Tiefenwirkung hat der Hellstrahler für eine Reihe von Werkstoffen sowie für tierische und pflanzliche Stoffe und Gewebe.

### Ausführungsarten von Hellstrahlern

Ein typischer Vertreter des Infrarot-Hellstrahlers ist der Siccatherm-Strahler. Seine Wolframdraht-Glühwendel ist so bemessen, daß sie bei Nennspannung mit einer (wahren) Temperatur von etwa  $2400^{\circ}\text{K}$  (Glühlampen  $2700^{\circ}\text{K}$ ) strahlt und — da die Wendel nicht so stark belastet wird wie bei einer Glühlampe — eine hohe mittlere Lebensdauer von etwa 5000 Brennstunden erreicht. Hinsichtlich Form und Leistungsaufnahme sowie bezüglich der verschiedenen Anwendungsgebiete werden folgende Ausführungsarten unterschieden:

Für industrielle Anwendungszwecke:

Pilzförmige Siccatherm-Strahler aus Spezialglas in den Leistungsstufen 250 W und 375 W und röhrenförmige Strahler aus Quarzglas mit Leistungsaufnahmen von 375 W, 500 W und 1000 W.

Für die Landwirtschaft:

Pilzförmige Strahler aus Spezialglas mit Rotfilter in den Leistungsstufen 150 W und 250 W und ohne Rotfilter in 250 W.

Für Thermokopierzwecke:

Röhrenförmige Strahler aus Quarzglas mit besonders hoher Wendelbelastung ( $T_f = 2800^{\circ}\text{K}$ ) in den Leistungsstufen 1350 W und 1500 W und mit einer Lebensdauer von 45 bis 60 Brennstunden.

Für biologische Anwendungszwecke:

Pilzförmige Theratherm-Strahler mit Rotfilter und einer Leistungsaufnahme von 250 W.

Die pilzförmigen Strahler enthalten durch die Innenverspiegelung ihres paraboloiden Kolbenteils einen Innenreflektor mit hohem Reflexionsgrad, der durch äußere Einflüsse, wie z. B. durch Verstaubung und Verschmutzung, nicht beeinträchtigt werden kann (Bild 3). Durch entsprechende Anordnung der Glühwendel im Reflektor entsteht eine gute Strahlungsbündelung. Da die äußeren Abmessungen der pilzförmigen Siccatherm-Strahler verschiedener Leistungsstufen übereinstimmen und alle mit dem Schraubsockel E 27 ausgestattet sind, kann man sie in einer Bestrahlungsanlage ohne weiteres gegeneinander austauschen.

Die röhrenförmigen Siccatherm-Strahler 500 W und 1000 W haben eine Gesamtlänge von 258 mm und 385 mm. Die in der Längsachse des klaren Quarzglasrohres von 10 mm Dmr. angeordnete Wolframdraht-Glühwendel wird durch mehrere Abstandsscheiben in der gewünschten Achsenlage gehalten und strahlt in einer Länge von 136 mm bzw. 273 mm. Für den elektrischen Anschluß und die mechanische Befestigung sind an beiden Enden der Strahler Laschensockel mit Langlöchern angebracht.

Abweichend von den bisher besprochenen Strahlern, die vorwiegend für 220 bis 230 V gebaut werden, beträgt die Betriebsspannung eines 500-W-Strahlers 110 V; durch besonders enge Toleranzen der Wendeldaten ist die Serienschaltung von zwei Strahlern dieses Typs an 220 V Netzspannung möglich.

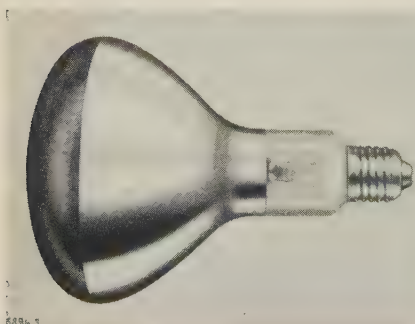


Bild 3. Pilzförmiger Siccatherm-Strahler.

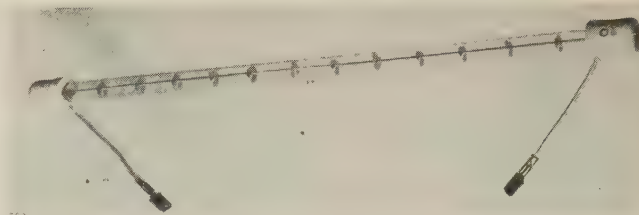


Bild 4. Röhrenförmiger Siccatherm-Strahler mit Keramiksockel.

Auch der röhrenförmige Siccatherm-Strahler 375 W (Bild 4) wird für eine Spannung von 110 V gebaut und kann in Serie betrieben werden. Um die mechanische Befestigung vom elektrischen Anschluß zu trennen, was für manche Installationsaufgaben von Vorteil ist, erhielt er keine Laschensockel, sondern zwei Keramiksockel mit flexiblen Anschlußleitungen und hat bei einer strahlenden Wendellänge von 135 mm nur eine Gesamtlänge von 213 mm.

Wegen ihrer geringen Abmessungen kann man die röhrenförmigen Strahler günstig in Ofen einbauen, wobei man sie im Bedarfsfall dicht nebeneinander setzen und somit starke Bestrahlungsfelder erzeugen kann. Außerdem ist der Strahler wegen des verwendeten Quarzglases gegen plötzliche Temperaturschwankungen, Spritzwasser und dergleichen unempfindlich.

### Anwendungsgebiete für Infrarot-Hellstrahler

Bei der Besprechung der Anwendungsgebiete für Infrarot-Hellstrahler kann im Rahmen dieses Aufsatzes nur ein Überblick gegeben werden, wobei einige typische Fälle herausgegriffen werden sollen.

#### Industrie

Einen bedeutenden Anteil an der industriellen Anwendung von Infrarot-Hellstrahlern hat die Lacktrocknung im Maschinen- und Gerätebau sowie die Trocknung von Textilien und die vielseitigen Erwärmungsaufgaben in der Kunststoffindustrie.

Gegenüber anderen Lacktrocknungsverfahren bietet die kurzwellige Infrarotstrahlung der Hellstrahler den Vorteil, daß sie in den meisten Fällen die Lackhaut durchdringt und den Lack vom Lackträger aus — also von innen nach außen — trocknet. Die Folge davon ist, daß die unerwünschte Lackhautbildung, die das Entweichen der Lösungsmittel aus dem Innern der Lackschicht und das Eindringen der zugestrahlten Energie stark behindert, vermieden wird. Neben der Verkürzung der Trockenzeit wird eine bessere Qualität der getrockneten Lackschicht erzielt.

Bei der Lacktrocknung muß berücksichtigt werden, daß die Wirkung der Infrarot-Strahlungstrocknung nicht nur vom Bestrahlungsfeld abhängt, sondern durch viele Faktoren beeinflusst wird, die insbesondere in den Werkstoffeigenschaften des Strahlungsempfängers begründet sind, wie beispielsweise durch den spektralen Absorptions- und Durchlässigkeitgrad des Strahlungsempfängers für die verwendete Strahlung sowie die Wärmekapazität und die Wärmeleitfähigkeit des Lackträgers. Da ein Teil dieser Faktoren jedoch fast immer in der Praxis unbekannt ist, müssen Probebestrahlungen durchgeführt werden, um die erforderlichen Anhaltswerte für den Entwurf einer Lacktrocknungsanlage zu gewinnen (Bild 5). Daraus ergibt sich auch, daß gewünschte Temperaturwerte ohne Probebestrahlung nicht vorausgesagt werden können. Ein Zusammenhang zwischen Bestrahlungsstärke und Temperatur des Strahlungsempfängers kann nur für den besonderen Fall gelten, der sich aus den am Bestrahlungsversuch beteiligten, voneinander unabhängigen Wirkungskomponenten ergibt.

Hinsichtlich der Lacksorten eignen sich für die Strahlungstrocknung besonders die Einbrennlacke auf Kunstharzbasis, die sich zu ritzharten, korrosionsbeständigen Oberflächen verfestigen, und die Silikonlacke, die mit besonders hohen Temperaturen eingebrannt werden. Bei richtiger Anwendung lassen sich mit Infrarot-Hellstrahl-



lern kurze Trocknungszeiten und eine ausgezeichnete Lackoberfläche erzielen. Aber auch für Nitrozellulose- und Chlor-Kautschuk-Lacke, die gute Lufttrockner sind, können Hellstrahler die Trockenzeit erheblich verkürzen. Für die Strahlungstrocknung weniger geeignet sind Öllacke, da sie durch Lufteinwirkung oxydieren und dieser Vorgang nur wenig durch Wärme beeinflußt werden kann.

So werden Hellstrahler seit vielen Jahren für die Trocknung von Lack- und Farbüberzügen auf Maschinen- und Geräteteilen, Karosserien, Leuchten, Schildern usw. verwendet, oder beispielsweise auch zum Einbrennen von Lack auf Dynamoblechen. Auch Spulen, Läufer- und Ständerwicklungen wurden schon mit Erfolg mit Hellstrahlern getrocknet.

Auf dem Gebiet der Textil- und Textilverarbeitungs-Industrie werden Infrarot-Hellstrahler zum Trocknen imprägnierter Textilien (Gardinen, Kleiderwatte usw.) verwendet, zum Karbonisieren von Wollstoffen, zum Trocknen von Filz (z. B. in der Hutfabrikation) oder aber auch in Verbindung mit vorhandenen Heißlufttrocknern als Vortrockner-Aggregate für Textilbahnen zum Erhöhen der Durchsatzleistung.

Vielseitig ist die Verwendung der Hellstrahler in der Kunststoffindustrie, z. B. zum Erwärmen thermoplastischer Stoffe vor der Verformung, zur Wärmebehandlung von Kunststoffteilen, zum Vorwärmen von Hartpapier und Hartgeweben vor dem Stanzen bzw. vor der weiteren Verarbeitung oder aber auch zum Gelieren von PVC-Überzügen auf Gewebe- oder Papierunterlagen.

Polyvinylchlorid hat die interessante Eigenschaft, daß es unterhalb  $\lambda = 2,5 \mu\text{m}$  eine verhältnismäßig geringe, oberhalb  $\lambda = 3 \mu\text{m}$  jedoch eine sehr hohe Absorption für Infrarotstrahlung hat. Deshalb kann man zum Gelieren dicker PVC-Platten (auch noch von 1 bis 2 cm Dicke) sehr gut Hellstrahler verwenden, weil sie die Platten durch die ganze Masse gleichmäßig erwärmen, wogegen die Aufgabe, PVC-Sohlen miteinander zu verschweißen — also nur eine dünne Oberschicht zum Schmelzen zu bringen — besser durch Dunkelstrahler gelöst wird.

Auch bei Vinidur haben die Infrarot-Hellstrahler eine gute Tiefenwirkung, die — je nach Schichtdicke — in wenigen Minuten eine gleichmäßige Erwärmung und gute Verformbarkeit der Kunststoffplatten ermöglicht.

Vielseitige Anwendungsmöglichkeiten, in denen sich seit Jahren Infrarot-Hellstrahler bewährt haben, sind ferner in

folgenden Industriezweigen zu finden: Papier- und Druckerei-Erzeugnisse, Lederwaren, Glas- und Porzellanwaren, Gummiwaren, Nahrungs- und Genußmittel sowie chemische und Holzverarbeitende Industrie.

## Gewerbe

Im Baugewerbe werden Infrarot-Hellstrahler zum Trocknen von Wand- und Deckenteilen verwendet, um den Beginn der Malerarbeiten in Neubauten vorverlegen zu können. Ferner werden diese Strahler z. B. zur Hausschwamm-beseitigung, zum Auftauen von Rohrleitungen oder zum Erwärmen abgelöster Fliesen, die mit der Bitumenunterlage wieder Verbindung bekommen sollen, benutzt.

In den Autowerkstätten trocknet man mit Hellstrahlern die Grund- und Decklacke instandgesetzter Wagenteile, in den Gärtnereien Saatgut und in der Pharmazie Heilkräuter, Tabletten und Pulver.

Aber auch Konditoreien nützen die Vorzüge des Hellstrahlers, z. B. zum Erwärmen von Couvertüre oder Zuckermasse vor der Verarbeitung oder von Tortenoberflächen vor dem Überziehen. Auch Baumkuchen hat man schon mit einer Backzeitverkürzung um 25% bei ausgezeichneter Kuchenqualität mit röhrenförmigen Siccatherm-Strahlern gebacken, wobei die mühelose Wärmeregulierung während des Backvorganges und die vereinfachte Gerätebedienung besonders anerkannt wurden.

## Sondergebiete

Besteht die Aufgabe, der Temperatur des Bestrahlungsgutes einen bestimmten Verlauf während der Bestrahlungszeit zu geben, so können hierfür Hellstrahler besonders wirtschaftlich verwendet werden. Die nahezu trägheitslose Anpassung der Bestrahlungsstärke an einen gewünschten Erwärmungsvorgang durch Steuerung der elektrischen Leistungsaufnahme des Strahlers ermöglicht die Erfassung eines großen Temperaturbereichs in feinabgestufter Dosierung, so daß sehr spezifische Wärmeprogramme, beispielsweise in der chemischen Industrie, durchgeführt werden können.

Sollen Werkstoffproben in Prüfschränken einer sonnenähnlichen Bestrahlung unterzogen werden, so kann man die geforderten Bestrahlungsverhältnisse durch eine Verbindung von Infrarot-Hellstrahlern und Ultraviolett-Strahlern erzielen, beispielsweise durch 4 Siccatherm-Strahler 250 W und eine Quecksilberdampf-Hochdrucklampe 125 W. Mit dieser Strahlerbestückung wird bei 40 cm Bestrahlungsabstand auf einer Fläche von  $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$  eine mittlere Bestrahlungsstärke erzielt, die etwa 30% über der terrestrischen Solarkonstanten liegt.

Eine besonders schwierige Aufgabe, die erstmals mit röhrenförmigen Infrarot-Hellstrahlern mit 1000 W Leistungsaufnahme zufriedenstellend gelöst werden konnte, sind die Wärmeschockprüfungen von Flugzeugteilen. Hierbei müssen in möglichst kurzer Zeit Temperaturen bis zu  $700^\circ\text{C}$  erzeugt werden. Nur die außerordentlich geringe thermische Trägheit dieses Strahlers, der schon 0,2 s nach dem Einschalten seine volle Strahlungsleistung abgibt, sowie die Möglichkeit, mit ihm sehr hohe Leistungsdichten bis zu  $64 \text{ kW/m}^2$  zu erzielen, konnten die gestellten Bedingungen erfüllen. Als Reflektormaterial mußte rostfreies Stahlblech verwendet werden, da die sonst üblicherweise verwendeten Aluminiumreflektoren in wenigen Sekunden wegschmolzen.

Für eine andere Testanlage hat man die vorstehend genannte größte Bestückungsdichte, die bereits eine besondere Kühlung der Laschensockel erforderlich macht, wenn die Nennlebensdauer des Strahlers erreicht werden soll, noch erheblich überschritten und erzielt damit am Bestrahlungsobjekt Temperaturen, wie sie bei Überschallgeschwindigkeit auftreten; allerdings ist diese Anlage nur für intermittierenden Betrieb bestimmt.

Ein neues Anwendungsgebiet für Infrarot-Hellstrahler ist das vor wenigen Jahren in den USA entwickelte Thermokopierverfahren, ein Vervielfältigungsverfahren zum Herstellen von Reproduktionen durch kurzzeitige Infrarotstrahlung. Dabei wird an einem röhrenförmigen Quarz-

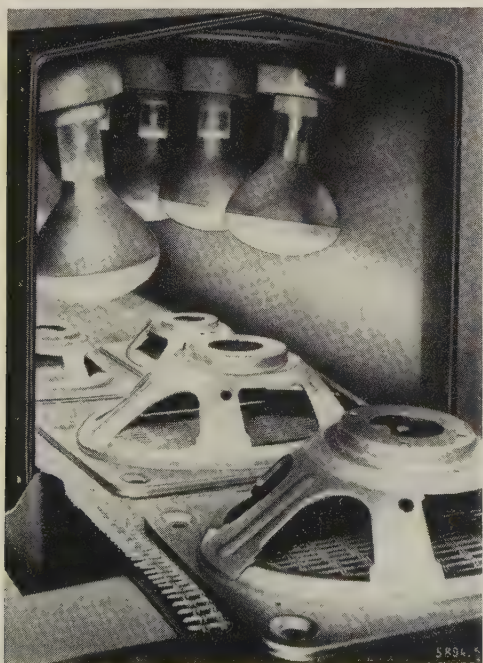


Bild 5. Trocknung lackierter Lautsprechergehäuse im Bandförderofen mit  $28 \times 250 \text{ W}$ , Bestrahlungszeit: 45 s. Durchsatz 1700 Stück/h Lautsprechergehäuse.



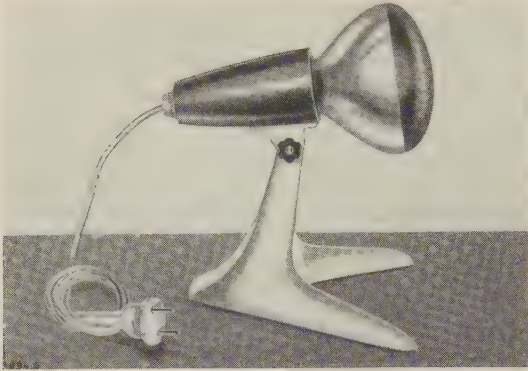


Bild 6. Theratherm-Strahler mit Haltegerät.

rohrstrahler ein oberhalb  $70^{\circ}\text{C}$  temperaturempfindliches Papier mit dem zu kopierenden Original auf einem Transportband langsam vorbeigeführt. Die dunklen Stellen des Originals, z. B. die Buchstaben, absorbieren die Strahlungsenergie und leiten sie auf das Kopierpapier weiter, das dadurch wie die Vorlage geschwärzt wird. Die Thermokopie einer DIN A 4-Seite benötigt nur 4 s und bedarf keiner Dunkelkammer und keiner Nachbehandlung.

Für dieses Verfahren wurde ein Strahler für Thermokopierzwecke entwickelt, der eine strahlende Wendellänge von 254 mm und eine Gesamtlänge von 305 mm hat. Er ist mit zwei Keramiksockeln und flexiblen Anschlußleitungen ausgestattet und entspricht den besonders hohen Ansprüchen, die das Verfahren an die Linearität der Wendel stellt. Die ebenfalls geforderte hohe Farbtemperatur des Strahlers von  $T_f = 2800^{\circ}\text{K}$  führt zu einer sehr hohen Wendelbelastung. Die damit verbundene Lebensdauer von nur 45 bis 60 Betriebsstunden ist jedoch im Hinblick auf die außerordentlich kurze Kopierzeit wirtschaftlich.

#### Infrarot-Hellstrahler für biologische Zwecke

Für biologische Zwecke wurde schon vor mehr als drei Jahrzehnten der Theratherm-Strahler (250 W) entwickelt, der sich in dieser Zeit — in Verbindung mit einem Haltegerät — in der ärztlichen Praxis und als Heimstrahler bewährte (Bild 6). Er wird dort verwendet, wo körperliche Beschwerden eine spezifische Wärmebehandlung erforderlich machen.

Der Vorzug dieses Hellstrahlers liegt darin, daß seine kurzwellige Infrarotstrahlung in die Haut eindringt, und die dort erzeugte Wärme an tiefer liegende Hautschichten, Gewebe und Organe weitergeleitet wird. Da der größte Teil der Strahlungsquanten die Oberhaut und die Keimschicht durchdringt, ohne absorbiert zu werden, ist — im Gegen-

satz zur Strahlungswirkung von Dunkelstrahlern — die Hautbelastung gering, und örtliche Überhitzungen werden (bei Einhaltung der Gebrauchsdaten) vermieden.

Dem medizinischen Fachschrifttum ist zu entnehmen, daß die biologische Wirksamkeit der kurzwelligen Infrarotstrahlung auf starker Wärme-Regulation und einer besseren Gewebedurchblutung beruht. Dadurch sollen Stoffwechselschlacken beschleunigt abgebaut und Antigene mobilisiert werden.

Ähnliche Wirkungen werden auch durch den Strahler SL 250 W auf den tierischen Organismus ausgeübt. Dieser Strahler, der in der Landwirtschaft viel verwendet wird, ist ein seit vielen Jahren geschätzter Helfer bei der Jungtieraufzucht oder bei der Pflege exotischer Tiere in zoologischen Gärten.

Die Infrarot-Hellstrahlung löst viele Erwärmungsaufgaben und führt, gegenüber anderen Verfahren, zu einer wesentlichen Zeit- und Platzersparnis. Auch die Erstellungskosten derartiger Anlagen sind, beispielsweise gegenüber denen eines Konvektionsofens, verhältnismäßig klein, da man auf Grund der physikalischen Eigenschaften der Infrarot-Hellstrahlung auf wärmedämmende Maßnahmen verzichten kann.

#### Zusammenfassung

In dem Aufsatz werden die physikalischen Grundlagen der Infrarotstrahlung, ihrer Erzeugung und der Wärmeübertragung kurz besprochen sowie die wesentlichsten Ausführungsarten und Strahlungseigenschaften des Infrarot-Hellstrahlers erwähnt. In einer Übersicht über die Anwendungsgebiete des Hellstrahlers werden Hinweise auf die vielseitigen Möglichkeiten gegeben, sich seiner Vorzüge zu bedienen.

#### Schrifttum

- [1] Brügel, W.: Physik und Technik der Ultrarotstrahlung. Verlag Vincentz, Hannover 1951.
- [2] Brügel, W., u. Vlachos, A.: Systematische Untersuchungen zur Härtung von Kunstharzlacken mittels ultraroter Strahlung. Farbe u. Lack Bd. 58 (1952) S. 475–483 u. S. 523–532.
- [3] Borchert, R., u. Jubit, W.: Infrarot-Technik. Verlag Technik, Berlin 1958.
- [4] Dérivé, M.: Les applications pratiques des rayons infrarouges. Verlag Dunod. III. Aufl., Paris 1954.
- [5] Fourné, F.: Moderne Textil Trocknung. Textil-Praxis Bd. 6 (1951) S. 592 bis 595.
- [6] Garber, H. J., u. Tiller, F. M.: Infrared radiant heating. Industr. Engng. Chem. Bd. 42 (1950) S. 456–463.
- [7] Kolbe, E.: Der Einfluß der Wellenlänge bei der IR-Trocknung. Elektrotechn. Bd. 6 (1952) S. 11–17.
- [8] Manders, Th.: Infrarotstrahlung und ihre praktische Anwendung in Industrien. Elektrizitätsverwert. Bd. 21 (1946/47) S. 269–284.
- [9] Weigell, W.: Die Absorptionseigenschaften von Lacken und deren Infrarot-Trocknung. Berichte des 3. Elektrowärme-Kongresses Paris, Mai 1953, Section 4, Bericht Nr. 400/5.
- [10] Witzig, H. J.: Infrarotstrahlung und ihre Anwendung für Erwärmungs- und Trocknungsaufgaben. Osram GmbH, Berlin—München (1960).
- [11] Witzig, H. J.: Sonnenähnliche und Infrarot-Strahler für biologische Zwecke. Elektrizität Bd. 10 (1960) S. 217–220.

#### Halbleiter-Modulatoren für infrarote Signalübertragung

DK 621.376 : 621.384.3 : 621.39

Die Absorption infraroter Strahlung in Halbleitern wird durch die sogenannte Absorptionskante in zwei Spektralgebiete unterteilt. Liegt die Wellenlänge unterhalb der Kante (bei Germanium  $1,7\mu\text{m}$ ), so erzeugen die absorbierten Quanten im Gitter des Halbleiters Paare von Ladungsträgern<sup>1)</sup>. Quanten mit einer Wellenlänge oberhalb der Kante haben dazu nicht mehr genügend Energie. Dagegen können sie von freien Elektronen und Defektelektronen absorbiert werden. In Germanium absorbieren insbesondere freie Defektelektronen stark.

Schickt man nun Infrarotstrahlung durch ein Germaniumplättchen, so wird die Strahlung bis  $1,7\mu\text{m}$  schon bei kleiner Schichtdicke vollständig absorbiert. Die Strahlung mit Wellenlängen oberhalb von  $1,7\mu\text{m}$  dagegen wird nur absorbiert, wenn freie Defektelektronen vorhanden sind. Man verwendet deshalb einen Streifen n-Germanium, der normalerweise keine Defektelektronen enthält. Von einer p-n-Sperrschicht her (aufgelegtes Indium) können Defektelektronen injiziert werden. Man kann also mit der Span-

nung an der p-n-Schicht die durchgelassene Infrarotstrahlung modulieren.

Praktisch verwendet man die Strahlung einer kleinen Wolfram-Glühlampe. Der Modulator ist etwa  $1,5\text{ cm}$  lang und besteht aus n-Germanium mit  $1\Omega\text{ cm}$ . Zum Modulieren werden einige Watt benötigt. Das optische System besteht aus einem Objektiv mit  $11\text{ cm}$  Brennweite und einer relativen Öffnung von  $1:1,5$ . Die Strahlung wird sehr stark gesammelt; das austretende Bündel hat nur etwa  $1^{\circ}$  Öffnungswinkel entsprechend  $17\text{ m}$  in  $1000\text{ m}$  Entfernung. Die Modulatoren arbeiten bis  $1000\text{ Hz}$  ohne Frequenzgang, dann fällt die Modulation bis  $10\text{ kHz}$  auf  $25\%$  ab.

In den ausgeführten Geräten ist der Frequenzbereich auf  $300$  bis  $3000\text{ Hz}$  beschränkt. Die wirksame Strahlung liegt zwischen  $1,7$  und  $2,5\mu\text{m}$ . Die Geräte können nach Umlegen eines Klappspiegels auch als Empfänger verwendet werden. Sie arbeiten dann mit einer PbS-Zelle als Strahlungsempfänger. Die elektrische Leistung stammt aus einem  $12\text{-V}$ -Akkumulator. Der Leistungsbedarf beim Senden ist  $30\text{ W}$ , beim Empfangen  $1\text{ W}$ ; das Gewicht ohne Batterie und ohne Stativ ist  $6,7\text{ kg}$ . Die Reichweite wird zu  $2,2\text{ km}$  angegeben.

Eu

<sup>1)</sup> Kruse, P. W., u. McGlauchlin, L. D.: Electronics Bd. 34 (1961) H. 19, S. 177–181.



# Die elektrische Installation und Beleuchtung in Krankenhäusern

Von Ferdinand Brockmann und Kurt Eck, Erlangen\*)

DK 628.977.4 : 725.51

Die Installation und Beleuchtung von Krankenhäusern bieten eine Reihe interessanter Aufgaben. Besonders die Anpassung der Beleuchtungsanlagen an die Anforderungen des Krankenhausbetriebes ist mit zahlreichen Problemen verknüpft. Sie reichen von der betont angenehmen Beleuchtung im Krankenzimmer bis zu den höchsten lichttechnischen Ansprüchen im Operationssaal. Dabei muß man auf die ständige Betriebsbereitschaft der Anlagen wie auch auf ihre Wirtschaftlichkeit bedacht sein.

## Die Beleuchtungsaufgaben und ihre Lösung im Krankenhaus Die Beleuchtung des Krankenzimmers

Im Krankenzimmer soll die Raum- oder Allgemeinbeleuchtung den Patienten und dem Pflegepersonal die Ausföhrung der Tätigkeiten, die nicht mit anstrengenden Sehaufgaben verbunden sind, beim Fehlen des Tagelichtes ermöglichen. Dazu gehören etwa das Einnehmen der Mahlzeiten im Bett, das Umbetten, die allgemeine Pflege und

Alle im Krankenhaus verwendeten Lichtquellen sind blendungsfrei abzuschirmen. Die Lichtverteilung der Leuchten soll eine normgerechte Schattigkeit und damit die gute räumliche Wahrnehmung der Gegenstände sichern.

Die Lichtfarbe der Lampen muß die Körperfarben natürlich und unverfälscht wiedergeben, damit die Sicherheit der Diagnose nicht beeinträchtigt wird. Von den Leuchtstofflampen-Lichtfarben hat sich „Warmton de Luxe-Zweischicht“ für die Krankenzimmerbeleuchtung bewährt. Die Farbwiedergabe ähnelt der des Glühlampenlichtes, vermeidet Zwielichterscheinungen und trägt zur Behaglichkeit des Raumes bei.

Was die Anforderungen an die im Krankenhaus verwendeten Leuchten betrifft, so sollten sie leicht zu reinigen sein. Durch die Konstruktion muß dafür gesorgt werden, daß sich auf ihnen wenig Staub ablagern kann. Das ist durch möglichst senkrechte Flächen und Vermeidung überflüssiger Verzerrungen zu erreichen. Die unerläßliche Reini-



Bild 1. Krankenzimmer mit Pendelleuchte für zwei Leuchtstofflampen 20 W. Die Lampen sind nach oben freistrahrend, nach unten mit einem Kunststoffschrägl bis zu einem Abblendwinkel von 40° dem Einblick entzogen. Lesebeleuchtung mit Reflektorspiegel-Leuchten für je eine 25-W-Glühlampe.

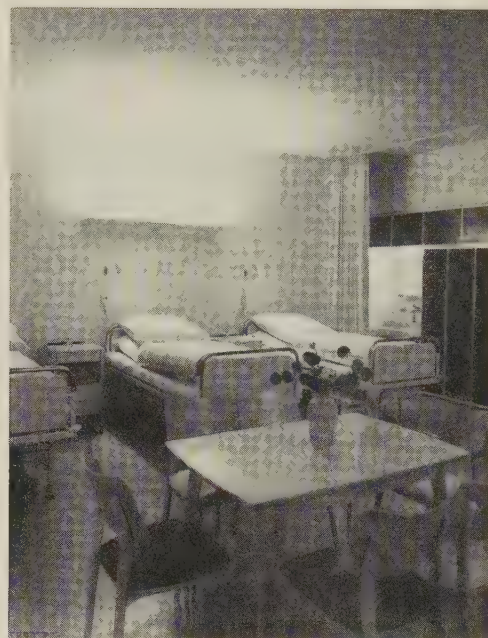


Bild 2. Raumbeleuchtung mit einer voutenförmigen Wandleuchte für eine Leuchtstofflampe 65 W mit Reflexschicht. Leseleuchten mit Reflektor und eloxiertem Aluminiumspiegel für je eine Glühlampe 25 W.

Behandlung der Patienten und auch die Raumpflege. Hierfür reicht eine mittlere Beleuchtungsstärke von rd. 60 lx aus.

Um dem Patienten das Lesen im Bett wie auch den Ärzten und dem Personal die Untersuchung und gegebenenfalls kompliziertere Behandlungen am Bett zu erleichtern, sollte jedes Bett eine zusätzliche Beleuchtung erhalten. Sie wird als Lesebeleuchtung bezeichnet. Auf der Lesefläche sind etwa 120 lx erwünscht.

An den Spiegeln über den Waschbecken ist ebenfalls eine Beleuchtung vorzusehen. Es ist dabei zweckmäßig, die hierdurch erreichte Beleuchtungsstärke in der Nähe der Spiegel mindestens so hoch zu bemessen, daß sie nicht unter dem Wert der Raumbeleuchtung an dieser Stelle liegt. Sonst wird das Gesicht desjenigen, der sich im Spiegel betrachtet, beschattet. Während der Nachtstunden, in denen die Raum- und Lesebeleuchtung ausgeschaltet sind, soll eine Orientierungsbeleuchtung vorhanden sein. Sie erleichtert dem Pflegepersonal das Zurechtfinden im Zimmer, ohne die schlafenden Patienten zu stören. Für diese Beleuchtung läßt sich ein rechnerischer Wert von etwa 1 bis 2 lx nennen.

gung muß einfach durchzuführen sein, wofür schnell und leicht abnehmbare Schalen und Abdeckungen, glatte Kanten und Flächen von großer Bedeutung sind.

Die Forderung nach Behaglichkeit spielt im Krankenzimmer eine wichtige Rolle. Diesem verständlichen Wunsche kann bei der Auswahl der Leuchten nach ihren äußeren Formen Rechnung getragen werden. In Zusammenarbeit mit dem Architekten und Bauherrn ist die Wahl zu treffen, wobei die lichttechnischen Belange nicht vernachlässigt werden dürfen.

Der Raumbeleuchtung können entweder Decken- oder Pendelleuchten oder Wandleuchten dienen. Decken- und Pendelleuchten werden etwa in der Mitte des Raumes an der Decke befestigt. Sie müssen eine Lichtverteilung aufweisen, die in Verbindung mit den Anstrichen der Raumflächen eine möglichst gleichmäßige Lichtverteilung im Gesichtsfeld der bettlägerigen Patienten bei völliger Blendungsfreiheit ergeben<sup>1)</sup>.

1) Die Leuchtdichte ist die für den Helligkeitseindruck maßgebende lichttechnische Größe und berechnet sich bei diffus reflektierenden Flächen aus dem Produkt „Reflexionsvermögen der Fläche mal Beleuchtungsstärke an der betreffenden Stelle“. Darum beeinflußt der Anstrich der Raumflächen maßgebend die Güte der Beleuchtung.

\*) Ing. F. Brockmann und Dipl.-Ing. K. Eck sind Mitarbeiter der Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen.



Mit Pendelleuchten, die eine ausreichende Breitstrahlung nach oben haben, erreicht man eine gleichmäßige Aufhellung der Decke (Bild 1). Freistrahkende Leuchtstofflampen sind auf alle Fälle zu vermeiden, weil deren Leuchtdichte weitaus größer als diejenige der beleuchteten Raumflächen ist, was zu Leuchtdichtekontrasten führt, die eine störende und unangenehme Blendung bedeuten.

Bei den Wandleuchten muß man beachten, daß diese bei nicht genügender Abschirmung die Patienten in den gegenüberliegenden Betten blenden. Die Wandleuchten sollten bei einander gegenüberstehender Anordnung den Lichtstrom vorwiegend in den oberen Halbraum ausstrahlen (Bild 2). Diese Beleuchtungsart hat einen niedrigen Wirkungsgrad, so daß bei Verwendung der Wandleuchten mit erheblich größeren Anschlußleistungen gerechnet werden muß als bei Pendel- oder Deckenleuchten, um die gleiche mittlere Beleuchtungsstärke von rund 60 lx zu erreichen.

In Wandleuchten kann man die Lampen für die Raum- und Lesebeleuchtung gemeinsam unterbringen. Dabei muß die Lesebeleuchtung so abgeschirmt sein, daß die Lichtabstrahlung nicht wesentlich über das Bett hinausreicht (Bild 3).

Als getrennte Leseleuchte hat sich eine kleine Reflektorleuchte gut bewährt, die einen eloxierten Aluminiumspiegel hat und mit einer 25-W-Glühlampe bestückt wird. Unterhalb des Spiegels ist die Innenseite des Reflektors mattschwarz lackiert, um störendes Streulicht zu vermeiden. Durch die konzentrierte Lichtbündelung wird in etwa 1,25 m Entfernung eine 50 cm × 50 cm große Fläche mit etwa 150 lx ausgeleuchtet. Die Leuchte kann für Wand- oder Bettbefestigung gefertigt werden. Der Reflektor läßt sich für Untersuchungen leicht von der Wand- oder Bettbefestigung abnehmen (Bild 1 und 2).

Zur Orientierungsbeleuchtung werden Wand-einbauleuchten für Glühlampen oder Lampeneinsätze in den Raumleuchten verwendet. Die Schalter für die Orientierungsleuchten bzw. -lampen befinden sich außerhalb des Krankenzimmers, damit sie nicht mit dem Schalter für die Raumleuchten verwechselt werden.

Über den Waschbecken bringt man im allgemeinen Wandleuchten mit opalüberfangenen Glasabdeckungen für Glühlampen an. Sie sind heute nach Form und Farbe in dekorativen Ausführungen im Handel erhältlich, so daß man nicht mehr auf ausgesprochene Zweckleuchten angewiesen ist.

Die Beleuchtung der Operations- und Behandlungsräume

Bei der Projektierung der Beleuchtung für die Operations-, Untersuchungs- und Behandlungsräume steht ausschließlich die Aufgabe im Vordergrund, in diesen Räumen einwandfreie Sehverhältnisse zu schaffen. Die schwierigen

und verantwortungsvollen Arbeiten ergeben Schaufgaben, die höchste Ansprüche an die Beleuchtung stellen. Gegenüber der Krankenzimmerbeleuchtung sind die Forderungen an die Güte der Beleuchtung wesentlich höher. Tafel 1 gibt einen Überblick über die Beleuchtungsstärken in den Operations-, Untersuchungs- und Behandlungsräumen, wie sie im DIN-Blatt 5035 — Leitsätze für die Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht — als Mindestwerte empfohlen werden:

	Allgemeinbeleuchtung allein. Mittlere Beleuchtungsstärke lx	Platzbeleuchtung mit zusätzlicher Allgemeinbeleuchtung	
		Platzbeleuchtung lx	Zusätzliche Allgemeinbeleuchtung lx
Operationssaal	—	4000	300
Untersuchungs- und Behandlungsraum	250	500	40*)

\*) Dieser Wert erscheint nach dem letzten Stand der Entwicklung zu niedrig; man sollte etwa 120 lx ansetzen.

Wie man aus dieser Aufstellung ersieht, ist es nicht möglich, in Operationssälen nur mit einer Allgemeinbeleuchtung auszukommen. Während einer Operation werden den Chirurgen und ihren Assistenten sehr schwierige Schaufgaben abverlangt, die sie ohne große Anstrengung und Ermüdung nur zu leisten vermögen, wenn die Operationsstellen genügend aufgehellt sind. Die genannte Beleuchtungsstärke erscheint zwar hoch, doch sollte man bedenken, daß dieser Wert dem des natürlichen Lichtes an einem dämmerigen Herbsttage entspricht.

Das menschliche Auge erreicht seine größte Leistungsfähigkeit erst bei wesentlich höheren Beleuchtungsstärken bzw. Leuchtdichten. Dennoch ist die nach DIN 5035 empfohlene Beleuchtungsstärke so hoch, daß dieser Wert heute noch nicht auf wirtschaftliche Weise mit einer Allgemeinbeleuchtung verwirklicht werden kann. Man bevorzugt darum Operationsleuchten, bei denen mehrere kleine Spiegelstrahler in einem Gehäuse zusammengefaßt sind, die alle auf die Operationsstelle gerichtet werden. Jede Spiegel-leuchte enthält eine Glühlampe, die an ihrer Vorderseite verspiegelt ist. Mit den Operationsleuchten erreicht man eine ausgezeichnete Bündelung des Lichtes und vermeidet störende Blendungen durch Streulicht aus den Spiegeln. Gleichzeitig verhindert die Aufteilung des Lichtstromes auf mehrere Spiegelstrahler, daß sich auf der Operationsstelle eine Abschattung bemerkbar macht, sobald eine Hand oder ein Kopf während der Operation in den Strahlengang eines Spiegelstrahlers gerät.

Für die Allgemeinbeleuchtung der Operationssäle werden heute nur noch Leuchtstofflampen wegen ihrer technischen und wirtschaftlichen Vorzüge verwendet: Ge-

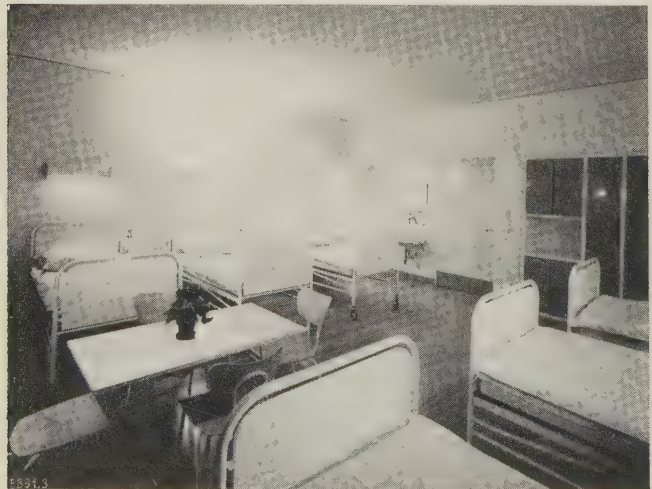


Bild 3. Raum- und Lesebeleuchtung in einer Wandleuchte zusammengefaßt.

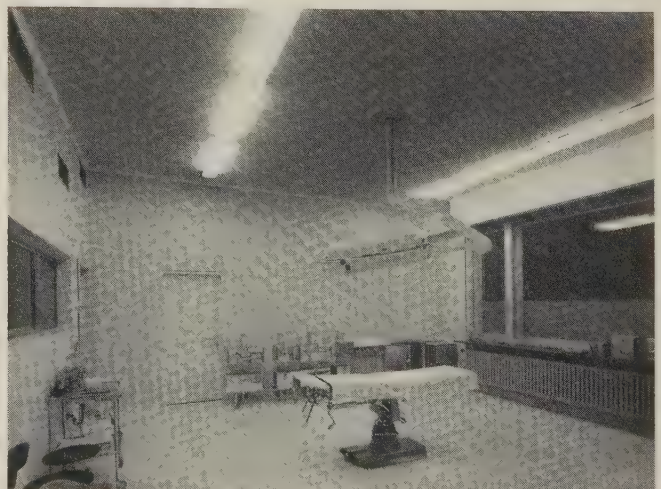


Bild 4. Operationssaalbeleuchtung mit zweilampigen Deckenleuchten mit Kunststoff-Glaswannen für Leuchtstofflampen.



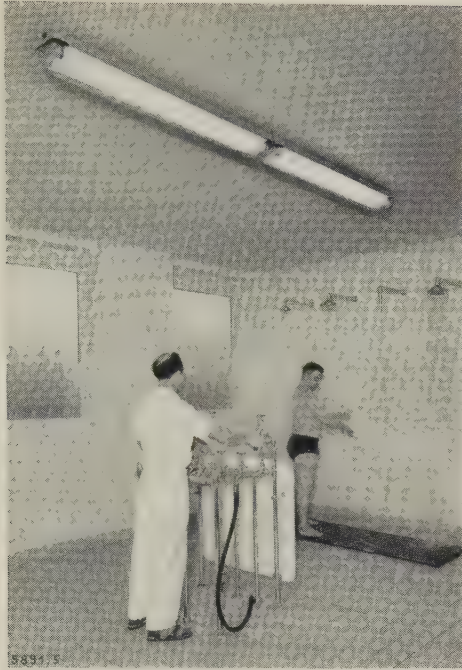


Bild 5. Geschützte Kunststoffleuchte für Leuchtstofflampen in einem Kneipraum.

ringe Leuchtdichte von rd. 0,5 sb, hohe Lichtausbeute von etwa 50 lm/W, lange Lebensdauer von durchschnittlich 7500 Brennstunden. Die entsprechenden Werte der Glühlampe sind 500 sb, 15 lm/W und 1000 h.

Als Lichtfarbe hat sich in diesen Räumen Osram-„Bellalux“ und „Weiß de Luxe-Zweischicht“ bewährt. Beide Lichtfarben ermöglichen ein sicheres Erkennen der Körperfarben und ihrer krankhaften Veränderungen, sie vermeiden Zwielichtstörungen bei gleichzeitigem Tageslichteinfall.

Um die zeitliche Gleichmäßigkeit des Lichtstromes zu wahren, werden die Leuchtstofflampen in Duo- oder Drehstromschaltung betrieben. Die durch den Wechselstrombetrieb der Leuchtstofflampen bedingte Welligkeit des Lichtstromes wird auf diese Weise geglättet, und Sehtäuschungen (stroboskopischer Effekt) werden verhindert.

Der Operationssaal wird mit mehrlampigen Deckenleuchten — gewöhnlich genügen zweilampige Leuchten — beleuchtet. Die Lampen werden mit Glas- oder Kunststoff-Glaswannen abgedeckt, um die Blendung zu vermeiden, die Verstaubung zu verringern und die Reinigung zu vereinfachen.

Die Leuchten werden oft in Lichtbändern angeordnet (Bild 4). Man erreicht dadurch eine hohe Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke, eine angemessene Schattigkeit

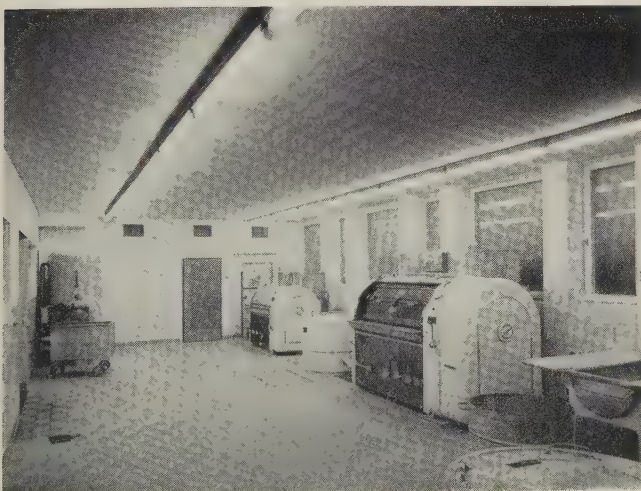


Bild 6. Geschützte Kunststoffleuchten zum Beleuchten einer Krankenhaus-Wäscherei.

und vereinfacht die Installation. Gewöhnlich sieht man zwei Lichtbänder je Operationssaal vor, die parallel zur Fensterfront verlaufen. Ein Lichtband befindet sich zwischen der Fensterfront und dem Operationstisch, das zweite Lichtband zwischen dem Tisch und Wand parallel zum Fenster. In hohen Sälen, wie man sie noch in älteren Krankenhäusern findet, kann man u. U. die Leuchten an Pendelmontage-schienen befestigen. Die Leuchten sollten dann aber einen Teil ihres Lichtstromes gegen die Decke abstrahlen und damit für eine gute Deckenaufhellung sorgen.

Für die Behandlungs- und Untersuchungsräume gilt im wesentlichen das für die Operationssäle Gesagte. Entsprechend der geringeren Beleuchtungsstärke wird man die Lampenzahl und damit den Anschlußwert, bezogen auf die Grundfläche, niedriger als in den Operationssälen ansetzen.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen diejenigen Behandlungsräume, in denen mit Feuchtigkeit gerechnet werden muß und wo vielleicht auch höhere Temperaturen als 30 °C auftreten, z. B. in Räumen für Unterwassermassage, im Obduktions- und Kneipraum (Bild 5). Für Räume mit diesen erhöhten betriebsmäßigen Beanspruchungen müssen für die Installation und die Leuchten die VDE-Vorschriften 0100 bzw. 0710 beachtet werden.

Als Leuchten für feuchte Räume haben sich in den letzten Jahren die geschützten Kunststoffleuchten bewährt. Das Oberteil besteht aus glasfaserverstärktem Polyester; die Leuchtstofflampe wird mit einer Kunststoff-Glaswanne abgedeckt und somit gegen mechanische Beschädigungen geschützt. Die Schutzart dieser Leuchten entspricht P 44 nach DIN 40 050 bzw. strahlwassergeschützt und staubgeschützt nach VDE 0710. Diese Leuchten sind völlig korrosionsbeständig. Durch das überdurchschnittlich große Volumen der geschützten Kunststoffleuchten liegt ihre zulässige Umgebungstemperatur erheblich über 30 °C.

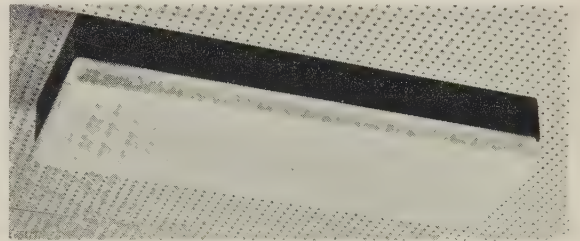


Bild 7. Dekorative Deckenleuchte, die man durch einen Farbrahmen als Zusatzteil aus einer handelsüblichen Deckeneinbauleuchte erhält.

In einer ganzen Reihe von Betriebsräumen wie der Wäscherei, Sterilisation und der Küche liegen gleichfalls Bedingungen vor, die eine Verwendung der geschützten Kunststoffleuchten ratsam erscheinen lassen (Bild 6).

Bei der Planung der Installations- und Beleuchtungsanlagen von Krankenhäusern begegnet man schließlich einer großen Zahl von Räumen, deren Beleuchtung teils mit dekorativen, teils mit Zweckleuchten ohne höhere Schutzarten durchgeführt werden kann. Dazu gehören beispielsweise Empfangs-, Warte- und Aufenthaltsräume, Teeküchen, die Krankenhausapotheke, der Keller, die Flure und Treppen. Vielfach besteht die Möglichkeit, Zweckleuchten durch Anbringen von Zusatzteilen einen mehr dekorativen Charakter zu verleihen, so daß sie auch für die repräsentativen Räume und solche mit wohntonem Charakter in Betracht kommen (Bild 7). Das bietet hinsichtlich der einheitlichen Installation vieler gleichartiger Grundkörper, der Lampenhaltung für Auswechslungen usw. eine Reihe von Vorteilen, die gerade bei der Wartung größerer Gebäudekomplexe ernsthaft ins Gewicht fallen.

### Die Installation

Aus der Installation der Krankenhausanlage sei an dieser Stelle nur diejenige der Operationsräume herausgegriffen, weil sie das Herzstück der meisten Krankenhäuser darstellen und ihre Einrichtung aus dem Rahmen der Installationsaufgaben in sonstigen Großanlagen herausfällt.



Der Operationssaal ist als Zentralstelle für den Dienst am Menschen anzusehen. Hier werden Patient und Arzt höchsten Beanspruchungen ausgesetzt. Die technischen Einrichtungen müssen absolut zuverlässig sein, zumal von dem Verlauf einer Operation vielfach Tod oder Leben des Patienten abhängen kann. Aus diesem Grunde ist auch anzunehmen, daß die in Vorbereitung befindliche VDE-Vorschrift 0107 diesem Anlagenteil besondere Aufmerksamkeit schenkt.

Neben den hygienischen Voraussetzungen, zu denen bei einer modernen Einrichtung nicht zuletzt die Klimaanlage zählt, sind im Hinblick auf die elektrische Anlage folgende Maßnahmen unerlässlich.

Schutz gegen das Auftreten zu hoher Berührungsspannung  
Schutz gegen statische Aufladungen  
Schutz gegen Raumexplosionen

#### Schutz gegen zu hohe Berührungsspannungen

Aus Gründen der Betriebssicherheit wird man als Schutzmaßnahme das Schutzleitungssystem anwenden, wobei möglichst jedem OP-Raum ein getrennter Isoliertransformator (Transformator mit 2 getrennten Wicklungen) zugeordnet ist. Die einschlägigen Vorschriften nach VDE 0100 sind zu beachten, und der Schutzleiter ist in jedem Stromkreis getrennt mitzuführen. Es wäre unzweckmäßig, hier Fehlerstrom-Schutzschalter einzubauen, die bei der geringsten Störung den gesamten Stromkreis außer Betrieb setzen.

Dies ist beim Schutzleitungssystem nicht der Fall, und eine Gefährdung durch zu hohe Berührungsspannung ist ebenfalls nicht gegeben. Selbstverständlich sind nur Schuko-Steckdosen vorzusehen und zwar in genügender Anzahl. Der Absicherung soll sich auf mehrere Stromkreise verteilen.

Der Isolationszustand muß dauernd überwacht werden. Hierzu bietet sich ein neu entwickeltes Erdschluß-Anzeigegerät an, das bereits kleinste Erdschlußströme erfäßt und sowohl symmetrische als auch unsymmetrische Isolationsfehler anzeigt. Durch die rechtzeitige Meldung des ersten Fehlers wird die mögliche Funkenbildung durch den zweiten Fehler, die zu Raumexplosionen führen kann, herabgesetzt.

Den normalen Isolationszustand zeigt eine grüne Meldeleuchte in der Meldekombination des OP-Raumes an. Beim Eintreten eines Fehlers leuchtet ein rotes Signal auf, gleichzeitig ertönt ein Summer, der nach Kenntnisnahme der Störung durch einen Schalter in der Kombination abgeschaltet werden kann. Ein weiterer Prüftaster gestattet zu jeder Zeit die Kontrolle der Überwachungseinrichtung.

Das Überwachungsgerät ist in einem Gehäuse untergebracht und zum Einbau in die OP-Verteilung gedacht, während der Zwe Wicklungstransformator in der Nähe des OP-Raumes eingebaut wird.

### Vom Schutzwert eines Vorschaltwiderstandes

DK 614.825 : 621.316.8-78 : 621.316.933.8

Die Verfasser stellen einleitend fest, daß selbst Fachleute der Ansicht sind, daß es mindestens ungefährlicher ist, über einen Widerstand als unmittelbar an Netzspannung zu geraten. Auch der Hinweis, daß das Prüfen eines unterbrochenen Schutzleiters mit einer Prüflampe gefährlich sein kann, stößt vielfach auf Unverständnis. Im folgenden werden daher die Verhältnisse bei der Elektrisierung eines Menschen über einen Vorschaltwiderstand untersucht. Hierfür werden fünf tatsächlich geschehene Unfälle herangezogen. Anschließend wird auf das Verhalten von Glühlampen, die während der Elektrisierung dem menschlichen Körper vorgeschaltet sind, eingegangen.

1) Nach Maresch, F., u. Schaffer, F.: Elektrotechn. u. Masch.-Bau Bd. 78 (1961) H. 5, S. 218—221; 8 B., 7 Qu.

#### Schutz gegen statische Aufladungen

Statische Aufladungen sind gelegentlich Ursache von Unfällen in OP-Räumen. Deshalb ist es notwendig, die Entstehung von elektrostatischen Aufladungen und die damit verbundene Möglichkeit von Funkenbildungen zu vermeiden, die zu Schockwirkungen und Raumexplosionen führen können.

Zum Erfüllen der Schutzmaßnahmen müssen die metallenen Gegenstände untereinander und mit Erde verbunden werden. Außerdem muß der Fußboden elektrisch leitend sein, damit Gegenstände und Personal gleiches Potential haben. Leitend im Sinne der Elektrostatik ist der Fußboden, wenn sein Widerstand gegen Erde (nach DIN 51 953) 1 M $\Omega$  nicht überschreitet. Der leitende Fußboden soll sich über den OP-Raum hinaus auch auf die Nebenräume wie Untersuchungs-, Sterilisations- und Röntgenräume sowie den Korridor erstrecken.

Die elektrischen Ladungen an Isolatoren können praktisch nur durch ausreichende und gleichmäßige relative Luftfeuchtigkeit (etwa 60 %) abgeleitet werden, was durch eine ordnungsgemäße Klimaanlage mit einem 8 bis 12-fachen Luftwechsel erreicht wird.

#### Schutzmaßnahmen gegen Raumexplosionen

Die heute verwendeten Narkosemittel bilden in Verbindung mit Luft zum Teil explosive Gemische. Durch Anwendung einer explosionsgeschützten Installation im gefährdeten Bereich und durch den leitenden Fußboden allein ist die Gefahr von Raumexplosionen (die als Folge statischer Aufladungen durch Funkenbildung hervorgerufen werden können) nicht restlos zu beseitigen. Deshalb ist es sinnvoll, das Ansammeln von explosionsgefährdeten Gemischen von vornherein zu verhindern.

Hier bietet die Klimaanlage den wirksamsten Schutz, sie trägt gleichzeitig zum Verbessern der hygienischen Verhältnisse im OP-Raum bei.

In der VDE 0107 werden auch eingehendere Angaben über den Umfang des explosionsgefährdeten Bereiches erwartet. Der Raum unter einer Höhe von etwa 1,5 m mag dabei eine besonders gefährliche Zone bilden, da die Narkosegemische allgemein schwerer sind als Luft. Deshalb empfiehlt es sich, die normalen Installationsgeräte in entsprechend größerer Höhe anzuordnen.

#### Zusammenfassung

In dem Aufsatz werden die Beleuchtungsaufgaben und deren Lösung in Krankenzimmern, Operations-, Behandlungs-, Betriebs- und Nebenräumen dargestellt, die passenden Leuchten und ihre Anordnung beschrieben. Da der Operationssaal die höchsten technischen Anforderungen stellt, wird nur die Installation dieses Raumes geschildert.

Als Ergebnis wird festgestellt, daß von einem „gewissen“ Schutz erst bei Vorschaltwiderständen über 25 k $\Omega$  gesprochen werden kann, weil hier die Stromstärke unter 15 bis 20 mA — bei den Spannungen von 220 V und 380 V — bleibt, d. h. unter der unteren Grenze für mögliche elektrische Dauerschäden. Die Sicherheit wird allerdings erst bei Vorschaltwiderständen, welche die Stromstärke auf höchstens 3 mA begrenzen, als ausreichend angesehen. Für diesen Richtwert sollen die ungünstigsten Verhältnisse angenommen werden, d. h. feuchte Haut des Menschen und gut leitende Erdverbindung. Für den betriebsmäßigen Stromfluß über den menschlichen Körper (z. B. bei Glimmtestern oder anderen Prüfgeräten) soll der Strom auf 0,3 mA begrenzt sein, um auch Schockwirkungen oder Reflexbewegungen auszuschalten.

Thr



## KURZ BERICHTET

In der Bundesrepublik gibt es 550 Kraftwerke, davon sind 15% Wasser- und 85% Wärmekraftwerke. Die erzeugte Leistung von 55 GW wird zu 58% in öffentlichen und zu 42% in industriellen Kraftwerken erzeugt. Etwa 2 Mio. DM sind je Arbeitsplatz installiert und 10 bis 20 Mio. DM beaufsichtigt ein Meister in einem modernen Großkraftwerk. *Rgs*

Das erste deutsche mit Erdgas betriebene Kraftwerk wird von der Preußischen Elektrizitäts-AG in Landsbergen an der Weser errichtet. Man schätzt den jährlichen Verbrauch an Erdgas auf 400 bis 600 Mio. Nm<sup>3</sup>. Bei der Betriebsaufnahme Ende 1962 sollen zunächst 1,7 Mrd. kWh jährlich erzeugt werden. Im Endausbau wird das Werk 5 Mrd. kWh jährlich abgeben. *Rgs*

Mit dem Bau eines Speicherkraftwerks zum Decken des Spitzenbedarfs im Bundesgebiet wurde im Kaunertal, einem Seitental des Inns, in Tirol begonnen. Ausgedehnte Gletscherflächen befinden sich im Einzugsgebiet dieser neuen Anlage, in der eine Maschinenleistung von 325 MW installiert werden soll. Das Wasser zum Antrieb der Freistrahlturbinen wird aus einem mehr als 800 m höher gelegenen Speicher mit 140 Mio. m<sup>3</sup> Nutzinhalt entnommen. Die Synchrongeneratoren haben eine Leistung von 80 MVA bei 500 U/min. *l*

In Bayern ist die Länge des Hoch- und Niederspannungsnetzes, bezogen auf die Einwohnerzahl, um 26%, und bezogen auf die nutzbare Stromabgabe sogar um 52% größer als im Bundesdurchschnitt. *l*

Um 300 MW werden z. Z. die Wärmekraftwerke und um 150 MW die Wasserkraftwerke in Bayern vergrößert, das sind 17% der vorhandenen Kraftwerksleistung. Die Neubauten werden erforderlich, weil die z. Z. vorhandene Kraftwerksleistung voll ausgenutzt ist und weil mit einem entsprechenden Anstieg des Stromverbrauchs gerechnet wird. *l*

Etwa 6 Mio. elektrische Kochherde werden in der Bundesrepublik Deutschland benutzt. *r*

Die Einfuhr elektrotechnischer Haushaltgeräte in die Bundesrepublik Deutschland aus England hat in den letzten Monaten stetig zugenommen. Über die Hälfte der eingeführten Waschmaschinen, 26% der importierten Staubsauger und 38% der Bügeleisen stammen aus Großbritannien. *r*

Bei der Deutschen Bundespost war im Jahre 1960 beim Fernsprechkreis eine Zuwachsrate von 11,8% gegenüber 11% (1959), 8,1% (1958) und 6,7% (1957) zu verzeichnen. Seit 1954 ist die Zahl der Fernsprechstellen um über 60%, die der Ferngespräche um 136% gestiegen. *l*

Der 5. Internationale Elektrowärme-Kongreß findet in Wiesbaden in der Zeit vom 30. September bis 5. Oktober 1963 statt. *l*

Drahtgewinkelte Widerstände, die eine amerikanische Firma für Mikrominiatur-Schaltungen liefert, haben einen Durchmesser und eine Länge von nur je 1,6 mm. Der Drahtdurchmesser ist 0,01 mm. Der Widerstand kann bis 0,02 W belastet werden und ist zwischen 1  $\Omega$  und 50 k $\Omega$  mit einer Toleranz von 0,1 bis 15% lieferbar. *Rgs*

Eine magnetostriktive Verzögerungsleitung einer USA-Firma hat eine feste Verzögerung von 5 bis 6 ns. Bei einer Frequenz von 1 MHz wird eine Eingangsimpulsbreite von 0,5  $\mu$ s gefordert. Das Signal-Störpegel-Verhältnis ist 10:1 und die Dämpfung 60 dB. Zwischen 50 und 1500  $\Omega$  kann die Eingangsimpedanz liegen, während die Ausgangsimpedanz 1 k $\Omega$  ist. *Rgs*

Ein 350-MW-Pumpspeicherkraftwerk „Taum Sauk“ mit einem Arbeitsvermögen von 2,75 GWh errichtet die Union Electric Co., St. Louis (USA). Das Oberbecken hat einen Inhalt von rd. 5,4 Mio. m<sup>3</sup>; die Nutzhöhe beträgt rd. 250 m. Jeder der beiden Maschinensätze, die in 6 min aus dem Stillstand hochlaufen können, gibt eine Leistung von rd. 225 MW ab. *l*

Das erste geothermische Kraftwerk der USA, das Dampf aus Quellen vulkanischen Ursprungs verwendet, wurde mit der ersten Ausbaustufe kürzlich in Betrieb genommen. Der Heißdampf wird unmittelbar den Turbinen zugeleitet, deren Leistung z. Z. 12,5 MW beträgt. Das Kraftwerk und die zugehörigen elektrischen Schaltanlagen werden fernbedient. *l*

Ein 69-kV-Luftkabel wurde erstmalig in den USA verlegt. Das Dreileiterkabel hat eine Länge von 3 km, einen Durchmesser von 100 mm und Kupferadern von 400 mm<sup>2</sup>. Die Papierisolierung ist 8 mm, der Aluminiummantel 4,5 mm dick. Das Kabel ist mit Stickstoff von 14 at gefüllt und an den gleichen Masten wie die Fernsprechleitung verlegt. *l*

Ein mit Neopren überzogener Nygonschlauch dient als Staudamm für den Kühlwasserzufluß des Dampfkraftwerkes Ost-Pittsburg (USA). Für gewöhnlich ist der Schlauch mit 150 m<sup>3</sup> Wasser gefüllt. Im Falle eines plötzlichen Hochwassers des speisenden Flusses kann der Schlauch innerhalb von zwei Stunden völlig entleert werden. Er liegt dann auf dem Grund des Flusses und läßt das Hochwasser ungehindert abfließen. *r*

Die Messung des Blutvolumens — wichtig bei Operationen mit hohem Blutverlust — kann mit einem neuentwickelten Gerät in 10 bis 15 Minuten erfolgen. Angewendet wird ein automatisiertes Isotopen-Verfahren. Die Fehlertoleranz liegt innerhalb von 5% gegenüber 30% bei bisherigen Verfahren. *Hg*

Das Verhalten von Tieren in freier Wildbahn kann mit Hilfe eines fingerhutgroßen Senders beobachtet werden, der — den Tieren angehängt — ihren Herzschlag oder Atemtakt überträgt und zugleich eine Ortsbestimmung durch Peilung ermöglicht. Vom Boden aus beträgt die Reichweite 1 km, bei fliegenden Vögeln bis zu 100 km. Die Batterie liefert Strom für vier Monate. *Hg*

Zum Fernmessen der Windgeschwindigkeit wurde eine elektromagnetisch-akustische Sonde entwickelt, bei der die Verschiebung der Dopplerfrequenz elektromagnetischer Wellen bei Reflexion an akustischen Ausbreitungsstörungen der Atmosphäre als Meßwertgeber dient. *Hg*

Der Gehalt an Fett und fettfreier Trockenmasse in Milch kann durch Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Ultraschall ermittelt werden. Dadurch ist eine Messung in Minuten möglich, für die bisher Stunden benötigt wurden. *Hg*

Gallium-Antimonid als neu gefundener Werkstoff für Tunnel-Dioden ergibt eine auf ein Drittel gegenüber dem bisher meist verwendeten Gallium-Arsenid verringerte Rauschzahl in Hochfrequenz-Verstärkern. *Hg*

Zum Durchlöchern dünner Metallbleche werden neuerdings Laser (light amplification by stimulated emission of radiation) verwendet, die leistungsstarke monochromatische Lichtstrahlen erzeugen. *HHK*

Die Preise für Weihnachtsbaum-Beleuchtungen wurden von kanadischen Herstellern um 18 bis 40% gesenkt, nachdem es den japanischen Importeuren 1960 gelungen war, 65% des Marktes zu erobern. *r*

Ein neuartiger plastischer Werkstoff, der Temperaturen bis zu etwa 5500 °C widersteht, wurde von Hughes Aircraft Corporation (USA) entwickelt. *HHK*

Zum Erforschen der von der Erde abgewandten Oberfläche der Ionosphäre (F<sub>2</sub>-Schicht) wird in Kanada ein Satellit gebaut. Dieser ist mit Sender und Empfängern ausgestattet. Die Ionosphäre wird von diesem Satelliten nach dem Echowegverfahren untersucht und die Daten werden auf einer Frequenz, für welche die Ionosphäre durchlässig ist, zur Erde übertragen. *HHK*

Die Stereo-Übertragungen des Senders WKFM in Chicago sind ein Erfolg geworden. Auf Hilfsträgern wird nicht nur das erforderliche zweite Signal für das Stereo-Programm gebracht, sondern getrennt auch noch Hintergrundmusik für Warenhäuser usw. *Rgs*

Eine Atombatterie mit 6 W Leistung bei 450 g Gewicht ist in den USA für Wettersatelliten entwickelt worden. Als Betriebsstoff wird das künstliche Radioisotop Plutonium 238 und Strontiumtitanat verwendet. Die Batterie liefert in 5 Jahren soviel elektrische Energie wie eine chemische Batterie mit einem Gewicht von 3,5 bis 4 t. *Rgs*

Farbfernsehsender betreiben 3 Länder der Erde. In den USA gibt es einen Farbfernsehempfänger auf 100 Fernsehgeräte, in Japan ist das Verhältnis 1:7000 und in der UdSSR sind Farbfernsehempfänger im Kulturpalast ausgestellt. *r*



## RUNDschau

DK 621.315.28 : 621.395.5

**Transozeankabel.** Nach *Kirchner, O.*: Nachrichtentechn. Z. Bd. 13 (1960) S. 557–563; 4 B., 7 Qu.

Das erste Seekabel wurde 1851 von Dover nach Calais verlegt. 1866 wurde das erste Transozeankabel von Irland nach Neufundland in Betrieb genommen. Diese Kabel hatten Guttapercha-Isolierung und waren nur für Telegraphie geeignet. Erst nach der Jahrhundertwende entstanden Seekabel für Fernsprech-Übertragung. Zum Vermindern der Dämpfung waren es Krarup- oder Pupinkabel, die trotzdem nur wenige 100 km überbrücken konnten. Ihre Isolierung war Paragutta oder Papier. Das längste und letzte deutsche Pupin-Seekabel war das 1934 verlegte Ostpreußenkabel 4 mit einem Rundfunk- und 26 Fernsprechkabeln. Die Entfernung zwischen den Verstärkern an den Endstellen war 316 km.

Für den transatlantischen Sprechverkehr waren in zwischen Funkverbindungen erst auf Lang- (1927) später auf Kurzwellen eingerichtet worden. Fernsprech-Seekabel über den Ozean konnten nur mit Unterwasserverstärkern unter gleichzeitiger trägerfrequenter Ausnutzung wirtschaftlich in Betracht kommen. Die Entwicklung solcher Verstärker, mit der man in den Bell-Laboratorien Ende der dreißiger Jahre begann, erforderte jedoch lange Zeit, mußte man doch von den Röhren und allen Einzelteilen wegen der hohen Reparaturkosten sehr lange Lebensdauer verlangen. Nach einem Großversuch zwischen Key West und Havana (1950) wurden 1955/56 die ersten zwei Seekabel mit Unterwasserverstärkern zwischen Irland und Neufundland verlegt. Die zwei für die beiden Gesprächsrichtungen erforderlichen Kabel sind Koaxialkabel mit einem Innenleiter von 4,1 mm Dmr., mit Polyäthylen-Isolierung und Kupferbändern als Außenleiter. Einfache oder doppelte Runddrahtbewehrung, in Jute eingebettet, bildet den äußeren Schutz. Die 51 Verstärker jedes Kabels sind schlank und flexibel und in das Kabel eingespießt. Sie werden von den Endstellen aus mit Gleichstrom gespeist. Die höchste Übertragungsfrequenz ist 164 kHz.

In einer Gemeinschaftsarbeit der USA, Deutschland und Frankreich wurde 1959 in gleicher Technik eine zweite Seekabelverbindung von Frankreich nach Neufundland erstellt. Die Sprechkreiszahl von anfangs 36 wurde hier durch engeren Trägerfrequenzabstand auf 48 erhöht und später durch Ausnutzung der Sprechpausen (TASI-System) nochmals fast verdoppelt. In England arbeitet man an einer Seekabelverbindung der Commonwealth-Länder bis nach Australien (15 000 km). Beide Gesprächsrichtungen sollen dabei über ein Kabel im Getrenntlageverfahren übertragen werden. Die erforderlichen 300 Zwischenverstärker werden in starren, zylindrischen Behältern untergebracht. Unter den deutschen Firmen erproben z. Z. in der Biskaya die Firmen Felten & Guilleaume zusammen mit den Norddeutschen Seekabelwerken ähnliche Zweidrahtverstärker.

Wld

DK 669.287

**Grundlagen der Anwendung von Molybdän. (The design characteristics of molybdenum.)** Nach *Gardner, E. E.*: Electro Technology Bd. 66 (1960) H. 4, S. 109–115, 8 B., 5 Taf.

Die Vereinigung verschiedener, auch bei höherer Temperatur günstiger Eigenschaften, die in Tabellen und Kurven Darstellungen leider ohne genaue Quellenangaben mitgeteilt werden, macht das Molybdän für vielfältige Anwendungsmöglichkeiten besonders geeignet. So sind hoher Schmelzpunkt (2610 °C) und hohe Rekristallisationstemperatur neben guter elektrischer und thermischer Leitfähigkeit sowie niedriger Ausdehnungskoeffizient und niedrige spezifische Wärme Grundlage für verschiedene Verwendungszwecke. Hinzu kommen die für weitere Anwendungsgebiete erwünschten guten mechanischen Eigenschaften, die im Temperaturbereich von etwa 870 °C bis 1370 °C sogar alle anderen Metalle übertreffen.

Bei den chemischen Eigenschaften wird neben meist günstigem Korrosionsverhalten auch die Beständigkeit gegenüber einer Reihe geschmolzener Metalle (z. B. Wismut, Natrium und Quecksilber) hervorgehoben. Ein Mangel ist allerdings die Oxydationsneigung bei höherer Temperatur; deshalb muß die Metalloberfläche, falls eine (reduzierende) Schutzgasatmosphäre fehlt, durch eine geeignete Oberflächenschicht geschützt werden.

Wichtige Anwendungsgebiete sind u. a.: Glüh- und Leuchtstofflampen, Elektronen-, Röntgen- und Magnetron-Röhren (Halterungen, Glaseinschmelzungen, Elektroden u. a.), Schalt- und Schleifkontakte, Halbleiterdioden und Transistoren (als Trägerwerkstoff für Silizium und Germanium wegen ähnlichem Ausdehnungskoeffizienten), schließlich Heizleiter für Schutzgas-Elektroöfen.

Die infolge Neigung zum interkristallinen Bruch (Korn-grenzenoxydation) schwierige Verarbeitung ist, wie man dem Aufsatz entnimmt, ebenso gelöst wie das aus gleichem Grunde anspruchsvolle Schweißen und Löten.

Ein Vergleich mit den bei noch höherer Temperatur beständigen Metallen Niob, Tantal und Wolfram, die aber sonst weniger günstige Eigenschaften haben, schließt mit der Zukunftsaussicht, daß durch Fortschritte in der Legierungstechnik (Erhöhung der Rekristallisationstemperatur) und verbesserte Schutzüberzüge auch die Hitzebeständigkeit des Molybdän noch erhöht werden kann.

RI

DK 621.3.066.6.004.6

**Untersuchungen des Materialtransportes an elektrischen Abhebekontakten mit Hilfe radioaktiver Isotope.** Nach *Dietrich, I.*, u. *Honrath-Barkhausen, M.*: Z. angew. Phys. Bd. 12 (1960) S. 538–544; 8 B., 5 Taf., 10 Qu.

Die bei Gleichstrombetrieb an elektrischen Abhebekontakten beobachteten Materialüberführungen lassen sich in vereinfachender Weise nach der transportierten Menge und der Wanderungsrichtung in „Grobwanderung“ (Kathode → Anode) und „Feinwanderung“ (Anode → Kathode) unterteilen. Die Grobwanderung im Bereich der stabilen Lichtbögen ist dabei einer Erklärung leichter zugänglich als die unterhalb der sogenannten Lichtbogen-Grenzkurve auftretende Feinwanderung. Letztere ist zweifellos nicht, wie ursprünglich vermutet, auf einen einheitlichen Mechanismus zurückzuführen. Zu der beim Öffnen der Kontakte zunächst nachgewiesenen Schmelzbrücke, an die bei der Erklärung der Materialüberführung ursprünglich hauptsächlich gedacht wurde, kommen, wie in jüngerer Zeit erkannt wurde, als wanderungsauslösende Ursache sogenannte kurze Lichtbögen (plasmafreie Entladungen), bei denen durch direkten Elektronenauffall auf die Anodenoberfläche diese örtlich zum Verdampfen gebracht wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit bestand darin, nachzuweisen, ob bei Kontakten eine reine „Brückenwanderung“ überhaupt existiert und diese gegen die Wanderung durch „kurze Bögen“ abzugrenzen. Verwendet wurden dabei Kontakte, deren einer Partner im Neutronenfluß eines Reaktors aktiviert worden war. Das Verfahren beschränkt sich natürlich auf solche Metalle, bei denen Isotope einer für die Versuche ausreichenden Halbwertszeit entstehen.

Der erste Teil der Untersuchungen galt stationären flüssigen Kontaktbrücken aus Pd/Ag 50/50 und Ag/In 96/4. Dabei zeigte es sich, daß in diesen Brücken zwar eine Durchmischung des Materials, jedoch keine Materialüberführung im Sinne eines Elektrolyseeffektes erfolgt.

Bei der zweiten Versuchsreihe an schaltenden Kontakten (Schaltspannung 2 V, Selbstinduktion variiert zwischen  $5 \times 10^{-8}$  und  $5 \times 10^{-4}$  H, Stromstärke zwischen 1,5 und 10 A) war die Untersuchung auf den reinen Öffnungsvorgang beschränkt. Von den insgesamt untersuchten Stoffen (Ag, Ir, Ru, Os, Ta, W, W/Ir 50/50, Ag/In 96/4, W/Ag 50/50) wird das Verhalten von Ag und Ir eingehend diskutiert. Für beide Metalle werden Kurvenzüge der Abhängigkeit der Materialwanderung von Selbstinduktion und Stromstärke gezeigt. Die Werte für Silber liegen im allgemeinen etwas höher als die von früheren Untersuchungen mit anderen Verfahren, stehen aber im ganzen in guter Übereinstimmung mit ihnen. Zu dem gestellten Thema gibt die Kurve des Ir den wichtigsten Beitrag. Bei ihm ist die Materialwanderung über einen verhältnismäßig weiten Bereich (von  $5 \times 10^{-8}$  bis etwa  $10^{-6}$  H) von der Induktivität unabhängig, und in diesem Bereich war auch oszillographisch kein kurzer Bogen nachzuweisen. Dies spricht also eindeutig für die Existenz einer reinen Brückenwanderung, für die als Mechanismus nach dem negativen Befund der ersten Versuchsreihe nur ein noch nicht geklärter Vorgang beim Abreißen der Schmelzbrücke verantwortlich gemacht werden kann.

AK



## AUS DER INDUSTRIE

### Neue Erdungsvorrichtungen

DK 621.316.996

Das Erden und Kurzschließen von Freileitungen mit 220 kV oder 380 kV erfordert von dem Bedienenden beim Einlegen der Phasenschraubklemme in den Leiter oder in den Erdungsbolzen der Leitungsarmatur großen Kraftaufwand und weitgehende Umsicht zum Vermeiden der hierbei möglicherweise auftretenden Gefahren, denn dieser Vorgang wird in großer Höhe auf der Masttraverse mit einer Erdungsstange durchgeführt, an deren unterem Ende das schwere Kupfer-Erdungsseil befestigt ist. Bei 380 kV hat sie eine Länge von etwa 5 m.

Zum Erleichtern dieser Arbeit wurde von der Firma *Karl Pfisterer*, Stuttgart-Untertürkheim, eine Phasenschraubklemme herausgebracht, die über eine Stange mit Bajonettverschluß betätigt wird. Um einen leichten Transport zu ermöglichen, werden diese aus unhygroskopischem, glasfaserverstärktem Polyester hergestellten Stangen auch in Teleskopausführung geliefert. Diese Ausführung der Stangen, auf denen die Phasenschraubklemme auch fest angebracht werden kann (Bild 1), gewährleistet günstige Werte der Festigkeit, des Gewichtes und der Isolation.



Bild 1.  
Erdungsstange.

Eine Weiterentwicklung der Erdungsstangen für Höchstspannungsleitungen besteht in einer zweiteiligen Ausführung. Der untere Teil besteht ebenfalls aus einer Polyesterstange, die obere Hälfte jedoch aus einem Aluminiumrohr, an dessen unterem Ende das Erdungsseil angeschlossen wird. Das Gewicht des schweren Seiles greift also nur an der halben Stangenlänge an, wodurch, abgesehen von dem ohnehin sehr geringen Gewicht der ganzen Vorrichtung, das Arbeiten noch zusätzlich erleichtert wird. Für den Transport wird diese Stange zerlegt, so daß auch die 5,5 m lange 380-kV-Stange in jedem Kleintransporter leicht befördert werden kann.

Die Phasenschraubklemme selbst besteht im wesentlichen aus zwei Aluminiumrohren mit Stahleinlage, die hohe Elastizität und damit große Kontaktkräfte gewährleisten. Sie ist so ausgebildet, daß sie mit ihrem sehr großen Klemmbereich von 10 bis 85 mm sowohl an Rund- und Flachleitern als auch an den gebräuchlichen Erdungsfestpunkten angebracht und somit überall dort verwendet werden kann, wo überhaupt geerdet werden muß.

Fr

### Neue Kondensator-Impulsschweißmaschine

DK 621.791.76

Schweißaufgaben besonderer Art setzen die Verwendung von Maschinen mit einem Höchstmaß an elektrischer und mechanischer Präzision voraus. Dies gilt vor allem für Vorgänge, bei denen eine kurze Schweißzeit von nur wenigen Millisekunden bei gleichzeitig hohem Stromstoß erforderlich ist — z. B. beim Stumpfanschweißen von Kupferdrähten auf Aluminiumteile — oder wenn eine schmale Schweißzone mit starkem Temperaturgefälle, ausgehend von der Schweißstelle, verlangt wird, wie z. B. beim Kappendichtschweißen von Transistoren.

Diese Forderungen werden erfüllt mit der von der Firma *Rudolf Bocks*, Elektrische Schweißmaschinenfabrik, München-Pasing, neu entwickelten PECO-Kondensator-Impulsschweißmaschine FP 3 K. Es handelt sich hierbei um ein druckluftbetätigtes Gerät für Punkt- und Ringflächenschweißung, das besonders für die Kappendichtschweißung an Transistoren bis 10 mm Dmr. geeignet ist. Das Unterarm-Konsol ist mit dreipunktgelagerter, einstellbarer Elektrodenhalterung als kleine Schweißpresse ausgestattet; dadurch ist es für jede Schweißaufgabe möglich, die Planparallelität der Kontaktflächen von oberer und unterer Elektrode genau einzustellen. Zusammen mit dem vollelektronischen Impuls-Steuergerät und dem Stoßkondensator ist die Maschine für Tischaufstellung vorgesehen (Bild 2).

Das an 220 V, 50 Hz Wechselspannung anzuschließende Gerät wird mit 20 A mittelträge abgesichert. Die Transformator-Sekundärspannung von 12 V Höchstwert und 2,5 V Mindestwert ist abhängig von der Ladespannung des Stoßkondensators, die unab-

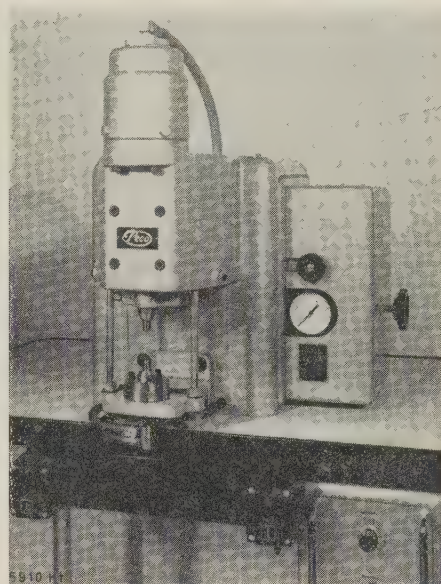


Bild 2. PECO Kondensator-Impulsschweißmaschine für Tischaufstellung.

hängig von Netzspannungsschwankungen durch automatischen Spannungsabgleich für den eingestellten Wert zwischen 5 Ws und 400 Ws konstant gehalten wird. Der Schweißstrom wird vollelektronisch über Quecksilberschaltrohren geschaltet, die Schweißdruck-Einstellung beträgt 25 bis 300 kp, die Schweißzeit 4 ms konstant. Die Elektroden können bis 40 mm Abstand eingestellt werden. Das Gerät ist 1325 mm hoch  $\times$  1200 mm breit und 475 mm tief bei einem Nettogewicht von etwa 200 kg.

Die Werkstücke werden von Hand zwischen die Elektroden oder in die Einlegeschlabe oder -vorrichtung eingelegt. Durch die unterhalb der Tischplatte angeordnete Zweihand-Einrückung wird die selbsttätig ablaufende Taktfolge ausgelöst, die im Aufsetzen der oberen Elektrode, Erreichen des eingestellten Schweißdruckes, Auslösen des Schweißstromes nach Ablauf der Schweißzeit, Entlüften des Druckzylinders und Öffnen der Elektroden besteht.

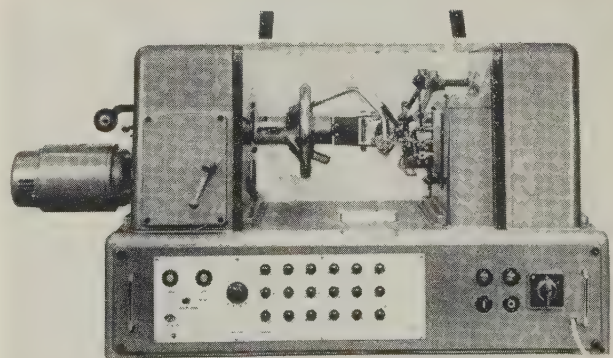
Fr

### Neuer Ankerwickelautomat

DK 621.313.13-181.4.043.3.045.12 : 658.52.011.56

Für die wirtschaftliche Fertigung serienmäßiger Ankerwicklungen hat die Firma *Froitzheim & Rudert*, Berlin-Reinickendorf-West, einen Ankerwickelautomaten zum Bewickeln von Kleinankern für Elektromotoren herausgebracht. Die Maschine arbeitet nach dem Prinzip des stillstehenden Ankers und des umlaufenden Drahtführers, wobei, je nach Wickelzeit, für das Bedienen von zwei bis drei Maschinen nur eine Arbeitskraft erforderlich ist. Der Arbeitsvorgang der Wickeltechnik geht vollautomatisch vor sich.

Der Automat wird zum Wickeln einer Ankergröße nach einem Musteranker eingerichtet. Hierbei können Ankerdurchmesser von 20 bis 60 mm bei einer Eisenpaketlänge bis 60 mm und einer Achslänge bis 280 mm sowie Drähte von 0,1 bis 0,6 mm Dmr. vor-



5884

Bild 3. Ankerwickelautomat.



gesehen werden. Sind mehrere Anker zu wickeln, deren Abmessungen sich wesentlich unterscheiden, so können entsprechende Leitbleche und Führungshaken bezogen werden.

Der Anker wird in waagerechter Lage zwischen federnde Spitzen gespannt. Der Draht läuft vom Drahtablauf durch die Wickelwelle (Hohlwelle) und wird vom Drahtführer über Leitbleche in die Nuten gewickelt. Eine Plexiglashaube schützt vor Berührung des umlaufenden Drahtführers und ermöglicht das Beobachten des Wickelvorganges. Die Leitbleche können über Handhebel zusätzlich geöffnet werden. Ein Sicherungsschalter verhindert, daß der Automat bei geöffneten Leitblechen angefahren wird.

Die elektrische Einrichtung der Maschine ist mit gedruckten Schaltungen ausgestattet, die als steckbare Einheiten ausgebildet sind. Alle elektrischen Bauelemente einschließlich des elektronischen Zählwerkes sind in einem Einschub untergebracht (Bild 3). An der Frontseite dieses Einschubes sind die Schalter zum Einstellen des Zählwerkes, der Nutenzahl usw. sowie der Druckknopfschalter zum Einschalten (Einknopfbedienung) eingebaut. Beim Betätigen des Druckknopfes läuft das eingestellte Programm selbsttätig ab, bis der Anker vollständig bewickelt ist. Nach beendeter Wicklung, beim Drahtende oder bei einem Drahtriß schaltet sich der Automat ab. Bei Bedarf kann das Programm jederzeit gelöscht werden und ist dann wieder zum Bewickeln des nächsten Ankers auf Null gestellt. Die Schaltvorgänge wie Öffnen und Schließen der Leitbleche, Ankervorschub zum Bewickeln der nächsten Nut und das Wegspreizen der bereits herausgezogenen Schlaufen aus dem Wickelfeld werden von einem Kontaktwerk gesteuert. Der Gleichstrom-Antriebsmotor mit einer Leistung von 300 W bei 1200 U/min läuft ständig, während der Wickelvorgang über eine Elektromagnet-Kupplung ein- und ausgeschaltet wird.

Am fertig gewickelten Anker liegen alle Schlaufen übersichtlich an der Außenseite des Wickelkopfes. Hierdurch werden die folgenden Arbeitsgänge wesentlich erleichtert und verkürzt. Je Nut können bis zu drei Schlaufen verschiedener Länge aus der Wicklung herausgezogen werden. Bis zu 16 Nuten können bewickelt werden; die gewünschte Nutenzahl wird am Schalter eingestellt. Fr

## Maschinen für das Verpacken von Kabelringen

DK 621.798.427.4

Verpackungsmaschinen können in starkem Maße die innerbetrieblichen Kosten senken. Hierbei werden an die Arbeitsweise der Maschinen sehr weitgehende Spezialanforderungen gestellt. So wird zum Beispiel von einer Maschine für das Verpacken (Einwickeln) von Kabelringen verlangt, daß sie für die verschiedenen Ringgrößen verwendet werden kann, ohne daß die Einstellzeiten ins Gewicht fallen.

Der Arbeitsbereich der automatischen Einwickelmaschinen, der Spezialmaschinen und Metallwarenfabrik Kurt Dörpinghaus, Hückeswagen/Rhld. (Bild 4) geht bis zu einem kleinsten Innendurchmesser der Kabelringe von 80 mm. Hierzu ist es notwendig, Papiere verschiedener Breiten zu verwenden. Die Überlappung wird zusätzlich stufenlos geregelt, da beispielsweise ein Papier von 50 cm Breite eine andere Überlappung erfordert als ein 80 cm breites. Auch können auf den Maschinen heute 2 oder 3 Papiere

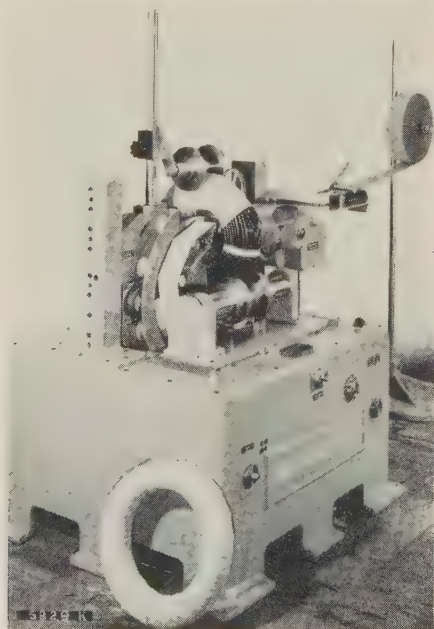


Bild 4. Maschine zum Verpacken von Kabelringen.

unterschiedlicher Qualitäten so gewickelt werden, daß jede Packmaterialqualität eine geschlossene Lage ergibt. Die jeweils benötigten Papiermengen können auf der Maschine mit einem Vorwählzähler eingestellt werden. Auf einen geräuscharmen Gang der Maschine wurde ein besonderes Augenmerk gerichtet, ebenso auf einen weitgehenden Unfallschutz.

Durch die Anordnung der Packpapierrollen außerhalb der Maschine, die wegen des kleinsten Kabelringdurchmessers von 80 mm erforderlich wurde, ergeben sich noch andere Vorzüge: hohe Geschwindigkeit und kurze Wickelzeiten, geringer Verschleiß (durch das Fehlen größerer ungleicher Schwungmasse) und die Verwendung großer Packpapierrollen mit wenig Abfall. Je nach Packmaterialqualität und Papiergewicht sind in diesen Rollen 300, 600, 1200 ja sogar 2000 m Papier untergebracht. Ein Ring von 315 mm Innendurchmesser, 560 mm Außendurchmesser und 125 mm Breite benötigt bei 80 mm breitem Papier und 20 mm Überlappung knapp 12 m Papier. Die Wickelzeit eines derartigen Ringes dauert rd. 10 s.

## Regeleinrichtung zum Konstanthalten von Spannungen

DK 621.316.722.1

Für viele Fabrikations-, Meß- und Prüfvorgänge wird eine konstante Netzspannung benötigt, z. B. in Laboratorien, Prüffeldern, Sendeanlagen für Rundfunk und Fernsehen, Verstärkeranlagen der Nachrichtentechnik, elektrisch beheizten Industrieöfen usw. Regeleinrichtungen, die zum Konstanthalten der Speisespannung dienen und für verschiedene zulässige Abweichungen von der Nennspannung gebaut werden, stellt die Hagenuk vormals Neufeldt & Kuhnke GmbH, Kiel, her.

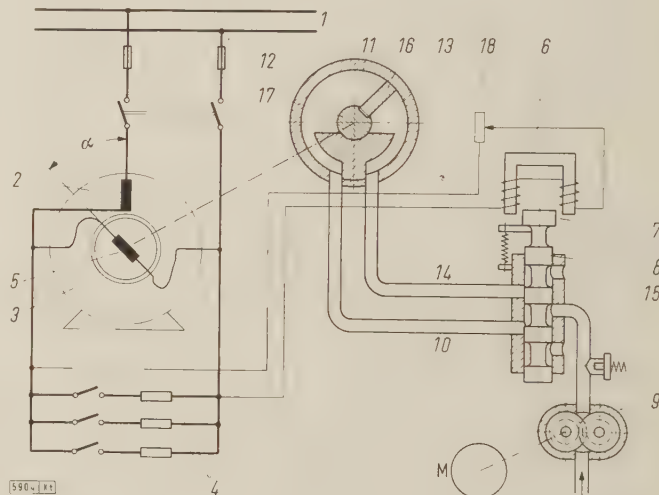


Bild 5. Aufbau und Wirkungsweise der N & K-Regeleinrichtung.

Die Regeleinrichtung besteht aus einem Drehtransformator und dem N & K-Regler, die auf einer gemeinsamen Grundplatte montiert sind. Die Wirkungsweise geht aus Bild 5 hervor. Der Verbraucherstrom aus dem unregelmäßigen Netz 1 fließt über die Sekundärwicklung 2 des Drehtransformators 3 zum Verbraucher 4 hin. Die am unregelmäßigen Netz 1 liegende Spannung induziert in der Wicklung 5 eine Zusatzspannung, deren Größe und Lage vom gegenseitigen Winkel  $\alpha$  der beiden Spulen abhängt. Die zu regelnde Spannung wird auf den Spannungsregler 6 gegeben, dessen Anker 7 bei fallender Netzspannung den Steuerschieber 8 nach abwärts bewegt. Das mit einer Pumpe 9 beförderte Drucköl kann über die Leitung 10 in den Raum 11 des Stellmotors 12 eintreten, während das Öl aus dem Raum 13 über 14 und 15 in einen Behälter fließt. Infolge des Überdruckes in 11 wird der Stellmotorflügel 16 bewegt und dreht über die Steuerwelle 17 den Drehtransformatorläufer 5 so, daß in der Wicklung 2 die Zusatzspannung größer wird. Ist der Sollwert erreicht, so stehen Anker 7 und Steuerschieber 8 wieder in Mittelstellung; der Regelvorgang ist beendet. Beim Drehstromtransformator arbeitet der Regelvorgang nach dem gleichen Schema.

Die Regeleinrichtung für die Spannungskonstanzhaltung kann je nach Ausführung mit einer Ansprechempfindlichkeit von  $\pm 1$ ,  $\pm 0,5$ ,  $\pm 0,25$  und  $\pm 0,1\%$  der Nennspannung gebaut werden. Die Einrichtung arbeitet frequenzunabhängig und ohne Kurvenformverzerrung, was für die Untersuchung von Transformatoren oftmals besonders wichtig ist. Ferner ist sie lastunabhängig bei jedem Leistungsfaktor. Diese Regeleinrichtungen werden für Verbraucherleistungen von etwa 1 kVA bis zu den größten Leistungen gebaut.

Rgs



## VERBANDSNACHRICHTEN

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21

Fernruf: 60 341; Fernschreiber (Telex): 04-12 871;

Telegramm-Kurzanschrift: Elektrobund;

Postscheckkonto: Frankfurt a. M. 388 68.

#### Inkraftsetzung von VDE 0370/9. 61 „Vorschriften für Transformatoren-, Wandler- und Schalteröle“

Gegen den in ETZ-B Bd. 12 (1960) S. 601 angekündigten Entwurf für die Neufassung von VDE 0370 sind einige Einsprüche eingegangen. Diese wurden von dem VDE-FAM-Gemeinschaftsausschuß „Isolieröle“ unter Vorsitz von Prok. L. Mauer ordnungsgemäß behandelt; der Entwurf wurde entsprechend geändert. Die so entstandene Schlußfassung hat der Vorstand des VDE im August 1961 genehmigt und zum 1. September 1961 in Kraft gesetzt. Gleichzeitig hat der Vorstand des VDE die seither geltenden Vorschriften VDE 0370/4. 52 vom 1. September 1961 ab für ungültig erklärt.

Sonderdrucke der Neufassung können unter der Bezeichnung VDE 0370/9. 61 vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, zum Preise von 1,40 DM bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker

Der Generalsekretär

Lauster

#### Inkraftsetzung der Neufassung VDE 0631/9. 61 „Vorschriften für Temperaturregler und Temperaturbegrenzer“

Gegen den in ETZ-B Bd. 12 (1960) S. 425 angekündigten Entwurf 1 VDE 0631/...60 sind Einsprüche eingegangen. Diese wurden von der Kommission ordnungsgemäß bearbeitet; der Entwurf wurde dementsprechend geändert. Die so entstandene Schlußfassung hat der Vorstand des VDE im Juli 1961 genehmigt und den Geltungsbeginn auf den 1. September 1961 festgesetzt.

Die bisherigen Bestimmungen VDE 0631/1933 „Leitsätze für Temperaturbegrenzer und Temperaturregler“; VDE 0631 Teil 2/12. 54 „Regeln für Temperaturwächter für Kühlgeräte“ und VDE 0720 Teil 7/1. 59 „Sondervorschriften für Temperaturregler, Temperaturbegrenzer und Sicherheits-Temperaturbegrenzer für Elektrowärmegeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke“ werden am 31. August 1964 ungültig.

Einzeldrucke der Neufassung können unter der Bezeichnung VDE 0631/9. 61 vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, zum Preise von 1,60 DM bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker

Der Generalsekretär

Lauster

#### Außerkraftsetzung von VDE 0294/2. 59 „Richtlinien für die Zuordnung der Isolatoren für Starkstromsreileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber“

Gegen die in ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 7, S. 179 angekündigte Außerkraftsetzung von VDE 0294/2. 59 „Richtlinien für die Zuordnung von Isolatoren für Starkstromfreileitungen mit Nennspannungen von 1 kV und darüber“ sind keine Einsprüche eingegangen. Der Vorstand des VDE hat daher diese Leitsätze ab 1. September 1961 für ungültig erklärt.

Verband Deutscher Elektrotechniker

Der Generalsekretär

Lauster

#### Entwurf einer Änderung m von VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V“

Der VDE-Arbeitsausschuß „Fassungen“ der VDE-Kommission „Installationsmaterial“ hat unter Vorsitz von Dipl.-Wirt. Ing. H. Busse den Entwurf m von VDE 0616 ausgearbeitet. Insbesondere wurden diese Vorschriften durch solche für Fassungen für linienförmige Lampen mit Sockeln S 14 s und S 14 d (Steckfassungen) erweitert und Schalter in Fassungen als Warmschalter vorgeschrieben.

Es ist beabsichtigt, als Geltungsbeginn dieser Änderung den 1. Januar 1962 vorzusehen. Der Entwurf kann unter der Bezeichnung VDE 0616 m/...61 vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, zum Preise von 0,60 DM bezogen werden.

Einsprüche gegen diesen Entwurf sowie gegen den Termin für den Geltungsbeginn können bis zum 1. November 1961 bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Stresemannallee 21 eingereicht werden (doppelte Ausfertigung erbeten).

Der Kommissionsvorsitzende

Lindner

VDE-Vorschriftenstelle

Weise

#### Entwurf einer Änderung a von VDE 0866 „Vorschriften für Funksender“

Die VDE-Kommission „Funksender“ unter Vorsitz von Dr.-Ing. E. Prokott hat den Entwurf einer Änderung a von VDE 0866/6. 61 ausgearbeitet. Mit diesem Entwurf werden die in den gültigen Vorschriften bereits angekündigten Sicherheitsvorschriften für den Betrieb veröffentlicht. Es ist beabsichtigt, den Entwurf zum 1. Januar 1962 in Kraft zu setzen.

Der Entwurf kann unter der Bezeichnung VDE 0866 a/...61, Entwurf 1, vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, zum Preise von 0,60 DM bezogen werden.

Einsprüche gegen den Entwurf sowie gegen den geplanten Termin für den Geltungsbeginn können bis zum 15. Oktober 1961 bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Stresemannallee 21, eingereicht werden (doppelte Ausfertigung erbeten).

Der Vorsitzende

Prokott

VDE-Vorschriftenstelle

Weise

#### Berichtigung zu VDE 0890 b

Es muß richtig heißen:

Einzeldrucke dieser Änderung können unter der Bezeichnung VDE 0890 b/8. 61 vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, zum Preise von 0,20 DM bezogen werden.

#### Einspruchsfristen zu Entwürfen von VDE-Bestimmungen

VDE 0168 a/...61 Errichtung und Betrieb von Starkstromanlagen im Bergbau über Tage (Änderung Entwurf 2),

VDE 0322/...61 „Leitsätze für die Prüfung von Hartgummi“

angekündigt in ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 14, S. 397,

VDE 0427/...61 Spannungssucher (Entwurf 2),

angekündigt in ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 15, S. 419.

Einspruchsfrist bis 30. September 1961.

#### VDE-Prüfstelle

Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21

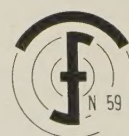
#### Zusätzliche Angaben im Funkschutzzeichen

Im Symbol des Funkschutzzeichens sind die konzentrischen Kreise rechts unten derart unterbrochen, daß ein freier Kreisabschnitt entsteht. Dieser kann für zusätzliche Angaben verwendet werden, sofern solche in der zugrunde gelegten VDE-Bestimmung für die Funk-Entstörung vorgesehen sind.

Als einzige der VDE-Bestimmungen für die Funk-Entstörung enthält bisher VDE 0875/12. 59 „Regeln für die Funk-Entstörung von Geräten, Maschinen und Anlagen (ausgenommen Hochfrequenzgeräte sowie Fahrzeuge und Aggregate mit Verbrennungsmotoren)“ die Möglichkeit der zusätzlichen Kennzeichnung, und zwar durch das Kurzzeichen des jeweils eingehaltenen Funkstörgrades und durch die Kurzangabe des Jahres, in dem die betreffende Fassung von VDE 0875 erschienen ist, nämlich N 59, G 59 oder K 59. Geräte, die VDE 0875 entsprechen, ohne daß für sie ein Funkstörgrad gefordert wird, erhalten nur die Kurzangabe des Jahres. Es handelt sich dabei um Geräte, die Funkstörungen durch vereinzelte Schaltknacke erzeugen, so daß sie nicht durch besondere Funk-Entstörmittel entlastet zu werden brauchen. Geräte, die ihrer Natur nach keine Funkstörungen verursachen, z. B. Bügel-eisen ohne Temperaturregler, gelten als „funkstörfrei“ und tragen das Zeichen „FO“.

Diese Darstellungsweise wird sinngemäß angewendet bei Einhaltung der (alten) Regel VDE 0875/11. 51, die am 1. Dezember 1962 außer Kraft tritt, und die nur die Kurzzeichen FN, FG oder FK kennt. Darum wird im Zusammenhang mit dem Funkschutzzeichen die Jahresangabe 51 hinzugefügt.

Solche Angaben werden im freien Kreisabschnitt des Funkschutzzeichens untergebracht, wie aus nebenstehendem Beispiel ersichtlich ist.





Alle in Betracht kommenden Angaben wurden in der folgenden Tafel zusammengestellt.

Tafel 1. Zusammenstellung der zusätzlichen Angaben für Funkschutzzeichen.

Bedeutung	Kennzeichnung bei Einhaltung von	
	VDE 0875/12.59	VDE 0875/11.51
Normalstörgrad	N 59	N 51
Grobstörgrad	G 59	G 51
Kleinststörgrad	K 59	K 51
Funk-entstört (ohne daß die Einhaltung eines Funkstörgrades gefordert wird)	59	51
Funkstörfrei	FO	FO

Wegen Einführung des Funkschutzzeichens und dessen Anwendungsbereich vergleiche Veröffentlichung der VDE-Prüfstelle, Frankfurt a. M. und der Elektrotechnischen Prüfstelle, Berlin, in ETZ-A Bd. 82 (1961) H. 7, S. 221 bis 222 und ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 7, S. 181.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Prüfstelle  
Walther

## VDE-ZEICHEN-GENEHMIGUNGEN

76. Nachtrag zur Buchzusammenstellung nach dem Stande vom 1. 11. 1955 mit Sammelnachtrag nach dem Stande vom 1. 1. 1957

### Neu erteilte Genehmigungen

#### Installationsmaterial

##### Leitungsschutzschalter

Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen

Leitungsschutzschalter 10 A 250 V—/380 V~, der bisher genehmigten Typen SL..., SH..., jetzt mit geändertem Anschluß für Sammelschienen — Typ: SLS 10 A, SHS 10 A.

Leitungsschutzschalter 15 A 250 V—/380 V~, der bisher genehmigten Typen SL..., SH..., jetzt mit geändertem Anschluß für Sammelschienen — Typ: SLS 15 A, SHS 15 A.

Leitungsschutzschalter 20 A 250 V—/380 V~, der bisher genehmigten Typen SL..., SH..., jetzt mit geändertem Anschluß für Sammelschienen — Typ: SLS 20 A, SHS 20 A.

Leitungsschutzschalter 25 A 250 V—/380 V~, der bisher genehmigten Typen SL..., SH..., jetzt mit geändertem Anschluß für Sammelschienen — Typ: SLS 25 A, SHS 25 A.

Sursum Elektrizitäts-Gesellschaft, Leyhausen & Co, Nürnberg

Leitungsschutzschalter 20 A 250 V—/380 V~, der bisher genehmigten Typen PKE..., jetzt mit geänderter Grundplatte und Anschlußklauen zur Befestigung auf Stromschienen — Typ: RA 15/1 H.

##### Fassungen für Glühlampen

Brökelmann, Jaeger & Busse KG, Neheim-Hüsten

Fassung 4 A 250 V, E 27, dreiteilige Schraubfassung — Typ: 21.33.

Heinrich Popp & Co, Röhrenhof (Post Goldmühl)

Fassungen 4 A 250 V, E 27, der bisher genehmigten Type 380, jetzt mit geändertem Seitenkontakt — Typ: wie vor.

##### Fassungen für Leuchtstofflampen

Bender & Wirth, Kierspe (Westf.)

Leuchtstofflampenfassungen 2 A 250 V, der bisher genehmigten Type 6500, jetzt mit geänderter Typenbezeichnung — Typ: 6500 II.

Leuchtstofflampenfassungen 2 A 250 V, als Einbaubehälter in abgedeckter Ausführung — Typ: 6500.

Brökelmann, Jaeger & Busse KG, Neheim-Hüsten

Leuchtstofflampenfassungen 2 A 250 V, der bisher genehmigten Type 26.25, jetzt auch mit Aufsteckhaube aus PVC — Typ: 26.25 H.

Leuchtstofflampenfassungen 2 A 250 V, der bisher genehmigten Type 204, jetzt auch als Einbaubehälter zur Verwendung für U-förmige Leuchtstofflampen, mit angestrichelter Starterfassung — Typ: 204 A.

Vossloh-Werke GmbH, Lüdenscheid (Westf.)

Starterfassungen für Leuchtstofflampen 2 A 250 V, als Einbaubehälter in abgedeckter Ausführung zur Verwendung für zweipolige Glimmstarter, zwei- und vierpolige Glühstarter, vierpolige Knebelstarter und zweipolige Starter für Hochleistungslampen — Typ: 488.

##### Verbindungsmaterial

Metalluk, Johann Cawe, Bamberg

Leuchtenklemmen 2,5 mm, 380 V, zweipolig, der bisher genehmigten Type 105, jetzt mit geändertem Klemmenkörper — Typ: wie vor.

##### Installationsstecker

Gebr. Berker, Schalksmühle (Westf.)

Installationsstecker 10 A 250 V/15 A 250 V~, zweipolig mit Schutzkontakt nach DIN 49 441, der bisher genehmigten Type 15 DSt 2 b, —w, jetzt mit verstärkten Griffschalen — Typ: wie vor.

Etablissements LEGRAND, Limoges — Haute-Vienne

Installationsstecker 10 A 250 V, zweipolig mit Schutzkontakt nach DIN 49 441, aus Formstoff Typ 31 und 131, mit Kontaktstiften rund und beidseitig gekehrt — Typ: 52.121, 52.126, 52.132, 52.136.

##### Installationssteckdosen

Gebr. Berker, Schalksmühle (Westf.)

Installationssteckdosen 10 A 250 V/15 A 250 V~, zweipolig mit Schutzkontakt nach DIN 49 440, der bisher genehmigten Type 1082, jetzt auch mit geringfügig geändertem Sockel und geänderter Abdeckung — Typ: wie vor.

Gustav Giersiepen, Radevormwald (Rhld.)

Doppelsteckdosen 10 A 250 V/15 A 250 V~, zweipolig mit Schutzkontakt nach DIN 49 440, für Aufputzverlegung, mit gemeinsamem Hohlsockel aus Porzellan und gemeinsamer Kappe aus Formstoff Typ 31 und 131 — Typ: 325 b, —c.

Steckdosen 10 A 250 V/15 A 250 V~, zweipolig mit Schutzkontakt nach DIN 49 440, der bisher genehmigten Typen 323..., jetzt auch in Gehäuse Schutzart B mit Klappdeckel für Unterputzverlegung zur Verwendung in hierfür vorgesehene Putzdosen — Typ: 323 Tr.

##### Installationsschalter

Dr. Deisting & Co. GmbH, Kierspe (Westf.)

Installationsschalter 15 A 380 V~, dreipoliger Ausschalter für Aufputzverlegung, zur Verwendung in Aufputz-Kombinationen, für Unterputzverlegung, zur Verwendung in Unterputz-Kombinationen, mit Kappen oder Abdeckplatten aus Formstoff Typ 31 oder 131 — Typ: 5533, —w, 5633 AK, —w, 5633.3, —w, 5633.4, —w.

Gustav Giersiepen, Radevormwald (Rhld.)

Installationsschalter 10 A 250 V~, einpoliger Ausschalter, einpoliger Wechselschalter, der bisher genehmigten Typen 425/..., jetzt auch in Gehäuse Schutzart B für Unterputzverlegung, zur Verwendung in hierfür vorgesehene Putzdosen — Typ: 425/1 Tr., 425/6 Tr.

Installationsschalter 10 A 250 V~, in den Schalterarten: einpoliger Serienschalter, einpoliger Kreuzschalter und zweipoliger Ausschalter, für Auf- und Unterputzverlegung, der bisher genehmigten Typen 425/..., jetzt auch in Gehäuse Schutzart B für Unterputzverlegung zur Verwendung in hierfür vorgesehene Putzdosen — Typ: 425/5 Tr., 427/7 Tr., 425/2 Tr.

Installationsschalter 10 A 250 V~, einpoliger Serienschalter, für Auf- und Unterputzverlegung, mit Kappen oder Abdeckplatten aus Formstoff Typ 31 und 131 — Typ: 1471 N, 1475 N, 1475 N/E.

Casp. Arn. Winkhaus, Carthausen (Westf.)

Installationsschalter 10 A 250 V~, einpoliger Kreuzschalter, für Aufputz- und Unterputzverlegung, mit Kappen und Abdeckplatten aus Formstoff Typ 31 und 131 — Typ: 400/7 b, —w, 400/7 Ub, —Uw.

##### Geräteschalter (Einbauschalter)

Bär-Elektrowerke GmbH, Schalksmühle (Westf.)

Geräteeinbauschalter 4 A 250 V, einpoliger Ausschalter, mit Druckknopfbedätigung — Typ: 3250.

Geräteeinbauschalter 2 A 250 V, zweipoliger Ausschalter, mit Druckknopfbedätigung, für Zentralbefestigung — Typ: 307 501, 307 502.

Geräteeinbauschalter 2 A 250 V, einpoliger Ausschalter, zum Einbau in Trühen — Typ: 5120—01, 5120—02.

EGO Elektro-Geräte, Blanc & Fischer, Oberdingen (Württ.)

Geräteeinbauschalter 15 A 250 V~/10 A 380 V~, mit Signalkontakt, der bisher genehmigten Typen 45.21 815..., jetzt auch mit geänderter Schalterachse — Typ: 45.21 815.24.

Gustav Giersiepen, Radevormwald (Rhld.)

Geräteeinbauschalter 10 A 250 V~, einpoliger Wechselschalter, Warm-schalter, Betätigung durch Handwippe, Gehäuse und Abdeckplatte aus Formstoff Typ 31, der bisher genehmigten Type 0118, jetzt auch mit Betätigung durch Handwippe aus Formstoff Typ 131 — Typ: wie vor.

Heliowatt-Werke Elektrizitäts-AG, Berlin-Charlottenburg

Geräteeinbauschalter 10 A 250 V~, Warm-schalter, zur Verwendung als einpoliger Herdzeitschalter für Hand- und Motorbetätigung und, als Kombination aus zwei Drucktastenschaltern, zur wahlweisen Schaltung von 2 Heizstellen — Typ: HY 2.

J. & Marquard, Rietheim b. Tuttingen

Geräteeinbauschalter 25 A 250 V~, dreipoliger Ausschalter, Druckknopfbedätigung, der bisher genehmigten Type 1330 ZU, jetzt für den Nennbereich 25 A 380 V~ — Typ: wie vor.

Geräteeinbauschalter 1 A 250 V, Stufenschalter mit 2, 3 oder 4 Stufen, der bisher genehmigten Type 630, jetzt auch mit geändertem Schalt-rad und geänderten Kontaktfedern — Typ: wie vor.

Geräteeinbauschalter 1 A 250 V, mit Betätigung durch Handwippe aus Formstoff Typ 31, Sockel aus Formstoff Typ 150 — Typ: 102.

## VERANSTALTUNGSKALENDER

Essen: ETV des Rheinisch-Westfälischen Industriebezirks Essen, Hagen/Westf., Körnerstr. 40.

12. 9. 1961, 16.30, Haus der Technik, Hollestr. 1 a, Hörsaal B: „Stromversorgungsanlagen in einem neuen Chemie-Werk“, Dipl.-Ing. F. Drüppel, Hülse.



Köln: VDE-Bezirk Köln, Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192.

22. 9. 1961, 18.00, Staatliche Ingenieurschule, Ubierring 48: „Erfassung und Steuerung des Betriebsablaufes durch Produktograph-Anlagen“, L. Fuchs, Pforzheim.

Berlin: Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Berlin, Berlin-Charlottenburg 1, Ernst-Reuter-Platz 1.

13. 9. 1961, 18.00, Technische Universität, Hörsaal H 1012: „Hochstraßen- und Tunnelbeleuchtung“, Dipl.-Phys. G. Smiatek, Erlangen.

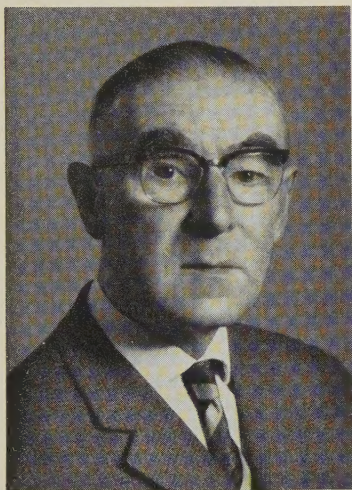
Wuppertal: Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Elberfeld, Hubertusallee 18.

14. und 15. 9. 1961, 9.00—12.00, 14.00—17.00, Technische Akademie, Hubertusallee 18: „Typenwahl, Auslegung und Betriebsvermessungen von Kupplungen aller Arten“, Dr.-Ing. B. Dahm, Iserlohn.

18.—20. 9. und 20.—22. 9. 1961, Kursus A: Am 18. u. 19. 9. von 9.00—12.00, 14.00—17.00; am 20. 9. von 9.00—12.30; Kursus B: Am 20. 9. von 14.00—17.00; am 21. und 22. 9. 1961 von 9.00—17.00, Staatliche Ingenieurschule für Maschinenwesen, Gartenstr. 45: „Meßtechnisches Praktikum unter besonderer Berücksichtigung von VDE 0100/11.58“, Baurat Dipl.-Ing. A. Winkler, Baurat Dipl.-Ing. H. Robberg.

## PERSÖNLICHES

W. Koch. — Am 31. August 1961 feierte Dr.-Ing. Walther Koch seinen 70. Geburtstag. Dank seiner bemerkenswerten körperlichen und geistigen Frische nimmt er nach wie vor regen Anteil an dem Geschehen der Elektrotechnik. Im letzten Jahrzehnt ist er der Fachwelt vor allem durch seine grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiet der Erdungstechnik bekannt geworden. Seine reichen Erfahrungen in Fragen des Erdungs- und Berührungsschutzes, die er zum Teil durch nicht ungefährliche Versuche am eigenen Körper gewonnen hat, haben ihren Niederschlag in den VDE-Vorschriften für Erdungen gefunden, besonders aber in seinem vielbeachteten Buch „Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 kV“, das kürzlich die dritte Auflage erlebte.



In Berlin geboren, hat er nach dem Kriegsdienst sein Studium an der TH Berlin abgeschlossen und war dann zunächst etwa 3 Jahre als projektierender Ingenieur bei den Elektrowerken und seit Juni 1923 bei den Siemens-Schuckertwerken in Berlin in der Abteilung Hochspannung tätig. Zahlreiche Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Übertragungstechnik, des Selektivschutzes, der Schaltvorgänge und der Erdungsprobleme legen Zeugnis ab von den vielseitigen und erfolgreichen Arbeiten des hervorragenden Ingenieurs.

Seine Dissertation bei Professor Dr. H. Schering in Hannover im Jahre 1939 behandelt das Thema: „Wandern in Schaltanlagen“. Die Projektierung und der Bau des ersten Wechselstrom-Netzmodells in Deutschland bei den Siemens-Schuckertwerken war sein besonderes Verdienst. Noch heute ist er ehrenamtlich als Leiter der Kommission VDE 0141 „Vorschriften für Erdung in Wechselstromanlagen“ und als freier Mitarbeiter bei den SSW tätig.

Neben seinen fachlichen Qualitäten dürfen seine hervorragenden persönlichen Eigenschaften nicht unerwähnt bleiben. Wahrheitsliebe verbunden mit Bescheidenheit und erfrischendem Humor zeichnen ihn besonders aus. Alle, die ihn kennen, wünschen ihm weitere Jahre der Gesundheit und des Frohsinns in seiner geliebten Heimatstadt Berlin, die vor Unfreiheit und Krieg verschont bleiben möge.

H. Dorsch

## BÜCHER

DK 373.63

Kein Ingenieurmangel mehr, wenn ... Von K. Schnaubert. Mit 64 S., 7 B., Format 15 cm × 21 cm. VDE-Verlag GmbH, Berlin 1961. Preis brosch. 3,— DM.

In dem Heftchen werden akute Probleme des technischen Ausbildungswesens in der Bundesrepublik behandelt, soweit sie sich auf Technische Hochschulen, Ingenieurschulen und Technikerakademien beziehen. Der jetzige Zustand wird untersucht und mit amerikanischen Verhältnissen verglichen. Dann wird ein Vorschlag zur Neugestaltung unseres Ausbildungswesens unterbreitet, dessen Ver-

wirklichung allerdings erhebliche Umstellungen zur Folge haben würde. Dabei wird auch der Einfluß des vom Deutschen Ausschuss für das Erziehungs- und Bildungswesen vorgelegten Rahmenplanes untersucht.

Der Verfasser geht bei seinem Vorschlag von der Tatsache aus, daß z. Z. viele Studienplätze an den Technischen Hochschulen und Ingenieurschulen mit Ungeeigneten besetzt sind, weil die Hochschulen durchweg alle Bewerber mit Abitur aufnehmen (von denen übrigens nur rd. 40% die Abschlußprüfung bestehen) und die Ingenieurschulen ein Ausleseverfahren anwenden, dessen Treffsicherheit ungenügend ist. Diesen Ubelstand will der Verfasser dadurch beseitigen, daß er vor der eigentlichen Ingenieurausbildung und der zugehörigen praktischen Tätigkeit an den Technischen Hochschulen und Ingenieurschulen Vorsemester geschaltet sehen möchte, denen — neben einer gewissen fachlichen Ausbildung — vor allen Dingen der Zweck zugeordnet ist, die zum Ingenieurstudium Geeigneten herauszufinden. Diese „Geeigneten“ sollen dann mit größerer Intensität und besserem Wirkungsgrad als bisher geschult werden.

Um einem Teil der „Ungeeigneten“, jedoch an technischen Dingen Interessierten, trotzdem die Möglichkeit für eine technische Ausbildung zu geben, wird vorgeschlagen, die Ausbildungsstätten für Techniker erheblich auszubauen, und zwar in Form von (viersemestrigen) Tages-Technikerschulen; die Abendschulen möchte der Verfasser allmählich abgebaut wissen, wobei er selbst darauf hinweist, das hiergegen mancherlei Bedenken bestehen. In dieser Maßnahme und der daraus folgenden Vergrößerung der Zahl an Technikern sieht der Verfasser — nicht zu Unrecht — letzten Endes die Lösung des Problems des Ingenieurmangels, da bei Erfüllung dieser Forderung die Ingenieure für ihre eigentlichen Aufgaben im engeren Sinne zur Verfügung stehen, während alle Nebenarbeiten, die z. Z. häufig noch von Ingenieuren ausgeführt werden, von den Technikern erledigt werden können.

An Stelle der z. Z. oft als Nachteil empfundenen strengen Abgrenzung der einzelnen Ausbildungswege (Technische Hochschule, Ingenieurschule, Technikerschule) hält der Verfasser einen leichteren Übergang von einem Ausbildungsweg zum anderen für zweckmäßig, wozu er detaillierte Vorschläge macht (etwa Schaffung von „Ausgleichsschulen“, die z. B. einem Ingenieur in einjährigem Kursus die volle Hochschulreife vermitteln sollen). Die Durchführung dieser Maßnahme würde allerdings eine grundsätzliche Umstellung der bisherigen technischen Bildungswege voraussetzen.

Sodann werden viele Einzelvorschläge zur Umgestaltung des Hochschul- und Ingenieurschulwesens gemacht. So schwebt dem Verfasser eine Dreigliederung der Hochschulausbildung vor, nämlich in einen wissenschaftlichen, einen theoretischen und einen praktischen Zweig. Neu wäre vor allen Dingen der letztgenannte. Abgesehen von der Gefahr einer dadurch bedingten „Rangabstufung“ innerhalb der Gruppe der Diplomingenieure, sind für die betrieblichen Aufgaben der dritten Gruppe zum Teil sicher auch Ingenieurschulabsolventen geeignet.

Für die Ingenieurschule wird mit Recht u. a. die Durchführung der „Viererteilung“, die Schaffung einer besonderen Besoldungsordnung und eine vernünftige Gestaltung der Vorschriften für die Nebentätigkeit der Dozenten gefordert.

Die interessante Arbeit, in der viele bekannte und neue Probleme mutig angefaßt werden, ist als Diskussionsgrundlage gedacht. Sie soll den Anstoß zu Erörterungen über die angeschnittenen Fragen geben.

P. Börner

DK 621.3(05)VDE

VDE-Fachberichte Bd. 21 (1960). Mit 206 S., zahlr. B. und Taf., Format 21 cm × 30 cm. Hrsg. Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) e. V. VDE-Verlag GmbH, Berlin 1961. Preis kart. 30,— DM.

Etwas verspätet liegt der neue Band der Fachberichte vor, die auf der VDE-Jahresversammlung Dortmund 1960 gehalten wurden. Es gliedert sich in zwei Teile, von denen der erste 18 Fachberichte aus der Starkstromtechnik, der zweite 8 Fachberichte aus der Nachrichtentechnik enthält. Die letzteren sind schon in der Nachrichtentechnischen Zeitschrift erschienen [Bd. 13 (1960) Heft 12]. Die starkstromtechnischen Berichte sind eingeteilt in die sechs Gruppen: Energieverteilung, industrielle Elektrowärme, Umformung, Lastverteilung und Verbundbetrieb, Elektromaschinenbau und Antriebe, Elektrolichttechnik. Zu jeder dieser Gruppen sprach ein Einführender zusammenfassende Worte. Wenn auch im Rahmen dieser Fachvorträge nicht alle zur Zeit aktuellen Themen behandelt werden konnten — einige Einführende, H. Müller für die Elektrowärme und H. Rothert für den Elektromaschinenbau, wiesen auf wichtige andere Probleme hin, die vielleicht in den Fachvorträgen des nächsten Jahres behandelt werden können — so muß doch die Auswahl der Themen als wohlüberlegt und gut geglückt bezeichnet werden. Daß auch die Diskussionsbeiträge mit aufgenommen wurden, erhöht den Wert des Buches, das in keiner Instituts- oder Werkbücherei fehlen sollte und das viele Fachgenossen auch als persönlichen Besitz nicht werden missen wollen.

K. Humburg

DK 621.311.1.027.26

Handbuch für den Ortsnetzbau. Von W. Peter. Mit 334 S., zahlr. B. und Taf., Format 10,5 cm × 15 cm. Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH, Frankfurt a. M. 1960. Preis Kunstleder 15,— DM.

Die im Jahre 1954 erschienene erste Ausgabe des Handbuches für den Ortsnetzbau wurde von dem Verfasser nach dem heutigen Stand der Technik überarbeitet. Gemäß der Einführung stellt sich der Verfasser die Aufgabe, eine einheitliche Ortsnetzbauweise zur



allgemeinen Anerkennung zu bringen. Dieser Gedanke wird durch die im Abschnitt I geschilderte Entwicklung des Ortsnetzbau in den Jahren 1895 bis 1910 und durch Bilder unschöner Ausführungsformen aus diesen Jahren untermauert. Es folgen in den Abschnitten II und III Schilderungen und Bilder genormter und für die Normung vorbereiteter Ortsnetzbauteile.

In dem Abschnitt „Planung und Bau von Niederspannungs-Freileitungs-Ortsnetzen“ werden die Aufbauformen der Netze beschrieben und die Baudurchführung behandelt. Dazu gehört die Herstellung der Dachständer-Einführungen, der Hausanschlüsse allgemein, die Errichtung von Masten, die Seilverlegung, die Anlage der Straßenbeleuchtung, die Erdungen und der Überspannungsschutz. Das Gebiet der Kreuzung von Fernmeldeleitungen und Bahnanlagen wird behandelt, und Ausführungsformen von Ortsnetzstationen werden gezeigt. In einem letzten Abschnitt wird ein Ausblick auf die Verwendung ungesättigter Polyesterharze zum Erhöhen der Betriebssicherheit von Freileitungen gegeben.

Der Inhalt des Handbuchs ist sehr stark von persönlichen Ansichten des Verfassers getragen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der ständige Anstieg der Elektrizitätsanwendung und der dadurch bedingte laufende Ausbau der Netze einheitliche Bauteile für den Ortsnetzbau erfordert. Die Verwendung von Dachständern als Träger für die Ortsnetzfreileitungen, die der Verfasser als Grundlage der einheitlichen Ortsnetzbauweise ansieht, wird aber immer — historisch und landschaftlich bedingt — regional beschränkt bleiben. Bei der schnellen technischen Entwicklung hat es entgegen der Ansicht des Verfassers wohl kaum Sinn, von einer Lebensdauer der Ortsnetzanlagen von 85 bis 100 Jahren zu sprechen. Auf lange Sicht wird bei der Entwicklung der Kabeltechnik aus Gründen eines schönen Ortsbildes und aus wirtschaftlichen Gegebenheiten das Kabelortnetz auch Dachständerfreileitungen verdrängen. Die Ausführung der Hausanschlüsse ist auch heute noch eine umstrittene Frage. Die Ansicht des Verfassers, die sich bedauerlicherweise z. T. auf überholte bzw. außer Kraft gesetzte VDE-Bestimmungen stützt, wird nicht die einhellige Zustimmung aller Fachkreise finden. Ganz besonders dürfte die im Abschnitt V herausgestellte Verwendung von Polyesterharzen für die Erhöhung der Betriebssicherheit von Freileitungen noch keineswegs allgemein erfolgen. Bei der Betrachtung der Erhöhung der Lebensdauer von Holzmasten hätten auf jeden Fall dann auch die Bandagen mit fungiziden Schutzsalzen der Erwähnung bedurft. Die zusätzliche Isolierung durch Verwendung von Polyesterharzen muß wohl in Fachkreisen noch eingehend erörtert werden. Jedenfalls können durch die Polyesterharze Stützenisolatoren nur in nichtdurchschlagbare Stützenisolatoren verwandelt werden, überschlagbar ist letztlich jeder Isolator.

Auf jeden Fall enthält das Buch wesentliche Unterlagen für den Freileitungs-Ortsnetzbau. Die damit befaßten Fachkräfte erhalten eine Fülle von Anregungen für ihre Arbeiten. Das Format des Buches gestattet, es sowohl im Büro als auch auf der Baustelle stets zur Hand zu haben.

G. Weidler

DK 621.317.7.089.6(06)

**Eichordnung.** Allgemeine Vorschriften und Abschnitt XV der Besonderen Vorschriften (Meßgeräte für Elektrizität). Mit 46 S., Format 15 cm × 21 cm. Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH, Frankfurt am Main 1960. Stückpreis brosch. 3,— DM (Staffelpreis).

Die Eichordnung vom 24. Januar 1942, die nach der Verordnung über die Neufassung der Eichordnung vom gleichen Tage (Reichsgesetzblatt I, S. 63) am 1. April 1942 in Kraft trat, ist durch bisher sieben Änderungsverordnungen ergänzt worden.

Die vorliegende Schrift bringt eine von der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) ausgearbeitete Neufassung der Allgemeinen Vorschriften (§§ 1 bis 20) und des Abschnittes XV der Besonderen Vorschriften: Meßgeräte für Elektrizität (§§ 931 bis 1000), welche die Änderungen durch die sieben Änderungsverordnungen berücksichtigt.

Die elektrischen Prüfmuster und die Prüfmusterstellen, aber auch die Hersteller von Meßgeräten für Elektrizität werden die Arbeit der VDEW begrüßen, da mit einer amtlichen Neufassung in absehbarer Zeit nicht zu rechnen ist und die durch die vielen Änderungen unübersichtlich gewordenen Bestimmungen die Arbeit sehr erschwerten. Der Wert der Schrift dürfte nicht durch die verschiedenen Satzfehler beeinträchtigt sein, die aber ausgebessert werden sollten, wenn die VDEW, wie sie in Aussicht stellt, bei künftigen wesentlichen Änderungen der Allgemeinen Vorschriften oder des Abschnittes XV der Besonderen Vorschriften der Eichordnung eine Neuausgabe vorlegt.

G. Lynen

Abschluß des Heftes 21. August 1961

Schriftleitung: Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21; Fernruf 60 341, Fernschreiber (Telex) 04-12 871.

Hauptschriftleiter: Dr.-Ing. P. Jacottet (für den redaktionellen Teil verantwortlich).

Schriftleiter: Dipl.-Ing. W. H. Hansen.

Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21; Fernruf 60 341.

DK 621.385(082)

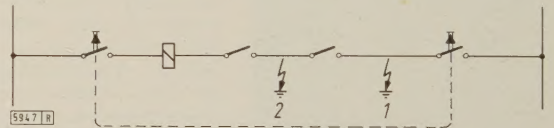
**Die Telefunken-Röhre.** H. 38. Mit 150 S., zahlr. B. und Taf., Format 15 cm × 21 cm. Hrsg. L. Brück. Franzis-Verlag, München 1960. Preis brosch. 7,20 DM.

Der Mikrowellentechnik, der Technik der Frequenzen oberhalb von 300 MHz, ist Heft 38 der „Telefunken-Röhre“ gewidmet. Es enthält 9 Originalarbeiten, von denen 5 gekürzt auf der Tagung über Mikrowellenröhren in München im Juni 1960 vorgetragen wurden. Die Einleitung bildet eine umfassende Übersicht über Mikrowellenröhren für die Richtfunktechnik. Dann folgen speziellere Untersuchungen über die Rauschtemperatur von Kettenschaltungen, die Bestimmung der Vierpol-Eigenschaften von Elektronenstrahlen und die Gleichmäßigkeit von aktiven Leitungen. Sie wird an verstärkenden Lauffeldröhren, den Wanderfeldröhren, diskutiert, wobei sich ergibt, daß ihre Beurteilung nur anhand des Impedanz-Verlaufes nicht aber anhand von Verstärkungs- oder Leistungskurve möglich ist.

Fragen der Röhrenpraxis stehen in den Arbeiten über Wanderfeldröhren mit Tonnenmagnet-Fokussierung und über die Rohrstrahl-Elektronenkanone zur Debatte. In zwei Beiträgen werden das Reflexklystron TK 6 und seine Stabilität gegen Mikrophonie und Stoß behandelt. Die einzige Arbeit über Halbleiter-Bauelemente in der Mikrowellentechnik befaßt sich mit Reaktanzdioden für Wanderfeldverstärker bei 2,8 GHz und Vervielfacher für 6 GHz. Dies so aktuelle und wichtige Gebiet würde man sich als Generalthema für Heft 39 der „Telefunken-Röhre“ wünschen. Cl. Reuber

## ZUSCHRIFTEN

Zum Aufsatz F. Schultheiß: „Ein- oder zweipolige Schaltung der Betätigungsstromkreise von Leistungs-, Trenn- und Erdungsschaltern?“ in der ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 2, S. 25—29 schreiben die Technischen Werke der Stadt Stuttgart-N: Dem Satz: „Es genügt jedoch, nur die Betätigungsschalter zweipolig zu schalten, während für die Abhängigkeitskontakte (Verriegelungskontakte) jeweils nur einer in der Plusleitung genügt“, glauben wir nicht zustimmen zu können. Wir haben in beiliegender Skizze aufgezeigt, daß ein Doppelerdschluß trotz zweipoligen Betätigungsschalters Fehlschaltungen eines Trenners ermöglicht, wenn nur einpolig verriegelt ist.



Hierzu nahm Prof. F. Schultheiß wie folgt Stellung: „In konsequenter Anwendung der Ergebnisse meiner Veröffentlichung müssen nicht nur der Betätigungsschalter sondern auch die Abhängigkeitskontrolle (Verriegelungskontakte) zweipolig ausgeführt bzw. geschaltet sein. Ich stimme also ganz mit den TWS überein, bei Trennschalterverriegelungen auch die Abhängigkeitskontakte zweipolig auszuführen und zu schalten, um eine völlige Sicherheit gegen Fehlschaltungen zu erhalten. Lediglich um den Aufwand nicht zu hoch zu treiben und da die Trennschalterverriegelung nur mit Abhängigkeitskontakten anstelle mit gesondertem Sperrmagnet (bzw. Schaltfehlerschutz) meines Erachtens nur noch wenig vorkommt, glaube ich, die Bemerkung vertreten zu können: „Es genügt .... genügt.“

Folgende Aufsätze erschienen in der ETZ-A vom 28. August 1961

Heft 18

- H. Graner: Wege zur Eingliederung der Spannungs- und Blindleistungsregelung in eine totale Netzregelung.
- F. Metzger: Über den Sicherheitsgrad elektrischer Steuerungen und Schaltanlagen im Blickfeld der Automatisierung.
- G. Kessler: Digitale Regelung der Relation zweier Drehzahlen.
- H. Viehmann: Die 6. internationale Blitzschutz-Konferenz.

Schluß des Textteiles

Verlag und Anzeigenverwaltung: VDE-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, Fernruf 34 01 41, Fernschreiber (Telex) 01-84 083.

Anzeigenleitung: Kurt Totzauer.

Bezugspreis (halbjährlich zuzügl. Zustellgebühr) 14,— DM, für VDE-Mitglieder - nur durch den VDE-Verlag - 10,— DM; Ausgabe A und B zusammen 34,— DM, für VDE-Mitglieder - nur durch den VDE-Verlag - 24,— DM. Einzelpreis dieses Heftes 1,50 DM.

Druck: Deutsche Zentraldruckerei AG, Berlin SW 61, Dessauer Straße 6/7.